HAL open science

# Représentation des procédures et pratiques par les graphes contextuels

Patrick Brézillon

▶ To cite this version:

Patrick Brézillon. Représentation des procédures et pratiques par les graphes contextuels. [Rapport de recherche] lip6.2003.013, LIP6. 2003. hal-02545622

HAL Id: hal-02545622
https://hal.science/hal-02545622v1

Submitted on 17 Apr 2020

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

# Représentation des procédures et pratiques par les graphes contextuels

**Patrick Brézillon**

LIP6, Université Paris 6, Case 169, 8 rue du Capitaine Scott, 75015 Paris Cedex 05, France.
Patrick.Brezillon@lip6.fr – http://www-poleia.lip6.fr/~brezil/

**Résumé.** Ce papier présente un formalisme basé sur le contexte, appelé graphes contextuels, pour représenter les connaissances et les raisonnements portant sur ces connaissances. Ce formalisme, issu des travaux réalisés dans le cadre de l'application SART, permet de représenter les pratiques qui sont développées par les opérateurs comme de véritables contextualisations des procédures officielles. Les graphes contextuels permettent une représentation unifiée des trois types de contexte que nous avions identifiés précédemment, une représentation de la dynamique du contexte, et offrent au système les utilisant des capacités naturelles d'explication et d'acquisition incrémentale de pratiques comme parties intégrantes de la tâche de l'opérateur.

**Mots Clés**. Intelligence Artificielle, Systèmes d'aide à la décision, Contexte, Graphes contextuels, procédures et pratiques.

## 1. INTRODUCTION

La conception d'un artéfact (un produit, un bâtiment, etc) implique la perception de l'évolution progressive de sa structure au cours du processus de conception, et la traduction de chaque étape de la conception dans la génération de nouvelles idées. Les interactions entre les membres de l'équipe de conception conduisent à la capture des attributs de l'artéfact, capture qui permet une organisation des tâches de conception. Cette organisation dépend de manière essentiel du contexte dans lequel la conception évolue : chaque membre de l'équipe de conception construit sa propre interprétation dans son contexte spécifique et relie son univers spécialisé au but collectif de l'équipe. L'artéfact doit lui-même être considéré dans son contexte de conception dans lequel les concepteurs identifient et relient entre-elles les tâches à accomplir.

L'environnement SisPro (Borges *et al.*, 1999; Naveiro et al., 2002) propose une aide à une équipe de conception avec un éventail de fonctionnalités permettant, entre autres choses, des communications synchrones et asynchrones. Cet environnement propose deux places de travail virtuelles : l'une attachée à chaque membre de l'équipe pour qu'il puisse définir son contexte spécifique de spécialiste (le contexte individuel) et pour communiquer avec le reste de l'équipe. L'autre espace de travail virtuel est commun à toute l'équipe et attaché au projet qui les réunit. Ce dernier espace définit le contexte de l'équipe projet et permet de contrôler les communications qui ont lieu entre les membres de l'équipe projet, leur fournissant ainsi un lieu de négociation. Cet exemple montre que différents types de contexte interviennent dans un réel travail collaboratif (les contextes individuels des membres et le contexte global du projet), et que ces observations dépassent le seul cadre de la conception. Par exemple, Humphreys et Brézillon (2002) discutent d'une situation similaire en psychologie appliquée à des groupes de jeunes au Pérou.

Brézillon (2002) montre que l'on ne peut parler du contexte qu'en référence à quelque chose: le contexte d'un objet, le contexte d'une action, le contexte des interactions, etc. Parmi tous ces contextes, seul le contexte des interactions entre des agents (au sens large du terme, humains et/ou machines) nous semble le plus important car c'est au travers de ce contexte que les autres contextes sont référencés ou évoluent (par suite des échanges entre les agents). Actuellement, la notion de contexte est considérée principalement par deux communautés s'intéressant à l'informatique tangible (tangible computing) et à l'informatique sociale (social computing) (Dourish, 2001). L'intérêt de l'informatique sociale porte sur le développement de représentations (basées sur le contexte) des connaissances et de modes de raisonnement (voir, par exemple, Brézillon, 2003a). L'approche de cette communauté est résolument centrée utilisateur et s'attaque au problème de la prise en compte de la dynamique du contexte. L'informatique tangible est, elle, plus préoccupée par les aspects techniques du contexte qui sont plus facilement recueillis à partir de capteur (par exemple la position d'un utilisateur par GPS, la température d'une pièce, etc.). Dans cette dernière approche, le focus est mis principalement sur les applications sensibles au contexte, les "smart devices", l'informatique diffuse, etc. et trouve des champs d'application dans des domaines aussi variés que le tourisme et la e-maintenance. Dans l'informatique tangible, les informations sur l'utilisateur sont indirectes (par exemple, sa localisation) ou très superficielles. Il s'agit là d'une approche orientée matériel, et le contexte est supposé évoluer seulement à travers la survenu d'événements.

L'approche présentée dans ce papier s'inscrit dans le courant de l'informatique sociale. Parmi les différents types de contexte, nous nous intéressons plus particulièrement au contexte dans lequel une tâche est accomplie par un opérateur avec l'aide d'un logiciel. De tels systèmes sont généralement considérés comme des systèmes d'assistance intelligents (Brézillon, 2003a).

Dans la suite de ce papier, nous discutons tout d'abord des procédures et des pratiques, types de connaissances et de raisonnements qui nous ont conduit à développer le formalisme des graphes contextuels. Ensuite, nous rappelons brièvement notre vue des trois types de contexte que nous avons développé par ailleurs (voir Pomerol et Brézillon, 2001), et la manière dont le contexte procéduralisé est construit. La Section suivante présente les graphes contextuels et discute comment les différents aspects du contexte, dont sa dynamique, introduit précédemment s'expriment dans le formalisme des graphes contextuels. Finalement, nous introduisons quelques commentaires sur les fonctionnalités d'explication et d'acquisition incrémentale de pratiques qui existent naturellement dans le formalisme des graphes contextuels.

## 2. PROCEDURES ET PRATIQUES

À la RATP (la compagnie du métro parisien), la plupart des incidents sont bien connus depuis longtemps (la compagnie existe depuis plus de cent ans) et font l'objet de procédures correctives bien éprouvées qui ont été établies sur la base de l'expérience accumulée par la compagnie (Pasquier, 2002). Cependant, un opérateur qui se trouve confronté à un incident donne une grande importance au contexte dans lequel il doit résoudre l'incident, et est ainsi amené la plupart du temps à adapter la procédure officielle à ce contexte courant. Par exemple, un incident donné ne sera pas résolu de la même manière si l'incident survient en heures creuses ou en heures de pointe. Chaque opérateur développe ainsi sa propre pratique comme une version contextualisée de la procédure officielle pour résoudre l'incident dans le contexte donné. On observe ainsi autant de pratiques que d'opérateurs pour une procédure donnée. A la différence d'une procédure qui ne capture que la solution finale seulement,

les pratiques incluent de plus les avantages et les inconvénients de la méthode choisie dans le contexte donnée.

Deux raisons amènent les opérateurs à préférer planifier leurs actions en temps réel plutôt que de se reposer sur des procédures établies par la compagnie. Tout d'abord, la procédure sélectionnée n'est généralement pas parfaitement adaptée à la situation courante et peut conduire l'opérateur à entreprendre des actions mal adaptées ou faire appel à des stratégies sous-optimales pour résoudre un incident. D'autre part, si les opérateurs se reposent sur les procédures, ils peuvent manquer des faits importants, ou les noter trop tard, pour résoudre l'incident. Pour ces raisons, les opérateurs préfèrent généralement replanifier en temps réel leurs actions pour tenir compte de la situation courante et de son évolution éventuelle. Les procédures servent donc de cadre général pour construire une stratégie efficace qui soit parfaitement adaptée aux spécificités de la situation courante. Une telle attitude est possible sur la base des connaissances opérationnelles qui sont partagées par l'ensemble des opérateurs. Cette observation que nous venons de décrire dans le cadre de la résolution d'incidents sur les lignes de métro est également faite dans d'autres domaines.

Degani et Wiener (1997) distinguent ainsi les procédure, les pratiques et les techniques. Les procédures sont spécifiées initialement par les développeurs pour permettre de gagner du temps dans des situations critiques. Les pratiques englobent ce que les opérateurs font avec les procédures. Idéalement, procédures et pratiques devraient être les mêmes, mais la plupart du temps les opérateurs sont capable de dévier de la procédure officielle, même si celle-ci est impérative. Les techniques sont définies comme des méthodes personnelles pour accomplir les tâches spécifiées sans violer les contraintes procédurales.

Bouaud et al. (1999) décrivent en médecine un type d'opérationalisation des connaissances à partir de procédures pour en faire des pratiques lorsqu'un médecin fait un choix thérapeutique différent dans son diagnostic d'après l'instanciation du contexte clinique qu'il construit à partir de sa compréhension de l'état du patient. Strauss et al. (1985) donne l'exemple d'un plan détaillé pour un patient atteint d'ostéoarthrite, plan qui préconise une radio aux rayons X de ses hanches. En appliquant ce plan à M. Jones, qui n'a aucun problème avec ses hanches, le médecin peut sauter cette partie du plan, et, inversement, peut être amené à ajouter d'autres examens comme des analyses du sang. Ainsi un protocole médical se présente comme une sorte de procédure opératoire standard.

Cette discussion montre que s'il est relativement facile de modéliser les procédures, il n'en va pas de même pour la modélisation des pratiques qui demande une modélisation du contexte dans lequel la pratique est réalisée, chose rendue délicate par le fait qu'il peut y avoir beaucoup de contextes possibles, et donc beaucoup de pratiques. Par ailleurs, pour des incidents complexes, il n'est pas possible d'établir de procédure globale, seulement des procédures élémentaires pour des parties des incidents complexes (par exemple, la sous-procédure "évacuer les voyageurs du train") que l'on retrouve dans la plupart des incidents complexes. Par ailleurs, les procédures ne peuvent pas capturer les interactions entre la résolution de l'incident lui-même et les nombreuses tâches qui sont générées par un incident complexe. En conséquence, il y a autant de pratiques pour résoudre un incident que d'opérateurs: les cas peuvent être similaires dans un contexte et totalement différents dans un autre comme le notait déjà Tversky (1977).

Au niveau implémentation, les procédures sont établies a priori, et "décontextualisée" pour être applicable à toute une classe de problèmes et non à un problème donné. Ainsi, une procédure ne

pourra jamais être appliquée directement à un problème particulier, ce qui amène les opérateurs à modifier la procédure. Inversement, les pratiques correspondent toujours à des cas concrets car elles sont des procédures contextualisées, et en mettant en machine ces pratiques, on peut alors espérer avoir un système qui puisse mener une sorte de "raisonnement à base de pratiques". Nous allons montrer que, ce qui apparaît comme un point négatif (la nécessité de stocker un grand nombre de pratiques au lieu d'une seule procédure) trouve une solution réaliste dans le formalisme des graphes contextuels.

## 3. NOTRE VUE DU CONTEXTE

### 3.1 Les trois types de contexte

Nous avons proposé de modéliser le rôle du contexte dans la représentation des connaissances et du raisonnement (Pomerol et Brézillon, 2001). Sur la base des observations décrites dans les sections précédentes, nous définissons les **connaissances contextuelles** comme la partie du contexte qui peut présenter un intérêt pour l'opérateur dans une situation donnée. La partie complémentaire des connaissances contextuelles dans le contexte (partie sans intérêt pour l'opérateur dans une situation donnée) constitue les **connaissances externes**.

Les connaissances contextuelles forment la partie du contexte d'où l'opérateur va extraire ou organiser des structures de connaissances pour construire un raisonnement, une interprétation ou une explication d'une situation. De telles structures de connaissances sont considérées explicitement par l'opérateur grâce à l'explicitation de leur organisation à une étape donnée de la résolution d'un incident. Nous appelons une telle structure de connaissance un **contexte procéduralisé** (Brézillon et Pomerol, 1999). Il s'agit d'une notion relative à chaque opérateur, à la situation courante et au moment auquel l'opérateur travaille. Le statut de procéduralisé d'une structure de connaissances contextuelles n'est pas permanent car la structure de connaissances contextuelles évolue avec le focus d'attention de l'opérateur, retournant dans l'ensemble des connaissances contextuelles une fois quitté le focus d'attention.

La dynamique entre les connaissances contextuelles et le contexte procéduralisé joue un rôle essentiel dans la représentation du contexte. Cette procéduralisation dépend du focus de la tâche courante. Ainsi, ce processus est orienté tâche un peu comme pour le savoir-faire : il est souvent déclenché par un événement, la reconnaissance d'un motif ou d'une régularité. Un autre aspect du processus de procéduralisation est que les gens transforment des connaissances contextuelles afin d'anticiper le résultat de leur propre action. En tant que tel, un processus de procéduralisation est perçu par un observateur comme une sorte de compilation produisant une structure de connaissances (un *chunk de knowledge*). Cette procéduralisation obéit à la nécessité d'avoir un cadre explicatif consistant afin de pouvoir anticiper les résultats d'une décision ou d'une action. Cette consistance est obtenue par un raisonnement à propos des causes et des conséquences dans une situation donnée. Nous pouvons ainsi distinguer dans le raisonnement le diagnostic du contexte courant et l'anticipation des suites qui vont en découler. La seconde étape suppose un raisonnement conscient et lucide sur les causes et les conséquences.

### 3.2 Elaboration du contexte procéduralisé

La Figure 2 présente comment le contexte procéduralisé est construit à partir de connaissances contextuelles de deux personnes interagissant. Le contexte des interactions contient des connaissances contextuelles qui ont été extraites d'une des deux personnes et introduites dans le focus d'attention des deux personnes. Ces connaissances contextuelles sont alors conjointement organisées et structurées par les deux personnes. Le contexte procéduralisé va ainsi s'élaborer progressivement et résulter en une structure de connaissances. Il arrive que sur la demande de l'autre, une personne ajoute des connaissances contextuelles reliées à son énoncé précédent en une sorte d'explication. De la même manière, l'autre peut reformuler ce que la première personne a introduit en vue de s'assurer de sa bonne compréhension et ainsi valider l'état courant du contexte procéduralisé à une étape de son élaboration.

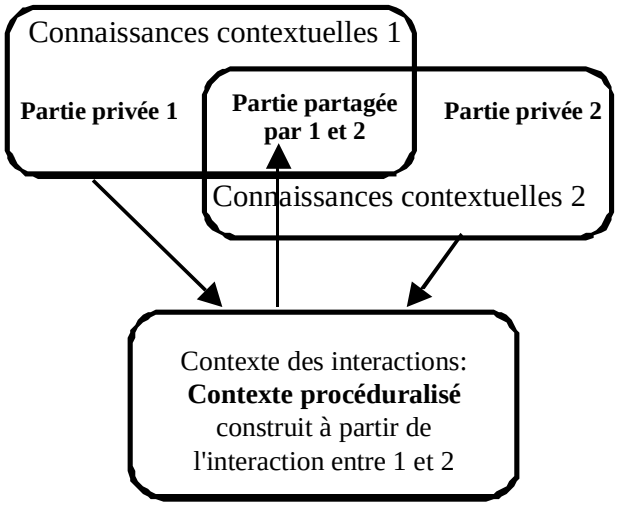


**Figure 2**: Elaboration du contexte procéduralisé

Cette construction progressive du contexte procéduralisé est particulièrement importante pendant une phase de négociation car il faut acceptation conjointe à la fois de tout élément introduit dans le contexte procéduralisé et de ses liens avec les autres éléments du contexte procéduralisé. Une fois que le contexte procéduralisé est acceptée par les deux participants, il est utilisé dans le focus d'attention, puis cette structure est ensuite transférée par chaque participant dans son ensemble de connaissances contextuelles comme un *chunk* de connaissances partagées avec l'autre. Ultérieurement, les deux personnes peuvent être conduites à faire référence à cette structure de connaissances contextuelles (l'ancien contexte procéduralisé) comme un tout, une connaissance contextuelle au même titre que les autres. Par exemple, au début d'un projet européen, une bonne partie de la première réunion est consacrée à planifier les réunions suivantes (fréquence, lieu, durée, jour de la semaine, etc.). Une fois que tous les participants se sont mis d'accord, ils ont juste à dire à la fin de la première réunion : "A la prochaine fois", qui est un "pointeur" représentant une structure de connaissances comprenant des éléments contextuels comme le lieu, la date, etc. et connectés entre eux par les relations basées sur le contexte.

Le contexte procéduralisé contient donc toutes les connaissances qui ont été discutées, assemblées et finalement acceptées par tous les participants. Le contexte procéduralisé est une construction qui trouve un écho dans la représentation mentale de chaque participant (qui peut donc l'interpréter dans

son "langage"). Les représentations mentales des participants d'un problème sont donc rendues ainsi compatibles, même si les participants sont des spécialistes de domaines différents (Karsenty et Brézillon, 1995). Par ailleurs, cette construction du contexte procéduralisé montre que plus une personne interagit de cette manière, plus elle devient expérimentée, et plus cela se traduit par une organisation hautement structurée de ses connaissances contextuelles.

## 4. LES GRAPHES CONTEXTUELS

### 4.1 Introduction

Les idées présentées dans la section précédente ont été implémentées dans une représentation des connaissances et des raisonnements basée sur le contexte. Notre première approche a été menée dans le cadre de l'application SART (voir à http://www.lip6.fr ). Certains choix fait à cette époque correspondait à un besoin d'optimisation pour la maintenance et le stockage des connaissances. Maintenant, nous sommes revenu à une représentation en sous-graphes et éléments contextuels représentés explicitement sous la forme de couples de nœuds contextuels et de nœuds de recombinaison (Brézillon, 2003b). Nous préservons ainsi des caractéristiques des graphes contextuels (tels que les mécanismes d'expansion et d'agrégation, la possibilité de générer des explications à différents niveaux de détail) qui se sont révélées essentielles pour exprimer pleinement les possibilités des graphes contextuels, notamment concernant l'acquisition incrémentale de pratiques et la génération d'explication...

Nous présentons dans cette section comment le formalisme basé sur le contexte appelé graphes contextuels peut être utilisé dans n'importe quelle situation où des opérateurs doivent développer des pratiques pour contextualiser les procédures officielles qui sont à leur disposition, et comment un système peut prendre en compte ces pratiques.

### 4.2 Présentation des graphes contextuels

Un graphe contextuel est un graphe orienté acyclique avec une entrée unique et une sortie unique, et une organisation série-parallèle de nœuds connectés entre eux par des arcs orientés. Globalement, la forme générale d'un graphe contextuel est celle d'un ensemble de faisceaux. La Figure 3 présente un exemple de graphe contextuel. Les différents types de nœuds sont: les actions Ai (représentées par des boîtes carrées), les éléments contextuels représentés par des paires {nœud contextuel (les gros cercles numérotés Cj), nœud de recombinaison (notés Ri)}, les sous-graphes et les groupements d'actions parallèles (les deux derniers items ne sont pas représentés dans la Figure 3 et ne sont pas discutés dans ce papier). L'algorithme correspondant à un graphe contextuel se termine toujours.

Un chemin dans le graphe contextuel correspond à une séquence ordonnée d'éléments (les actions et les nœuds contextuels et de recombinaison) dans le graphe contextuel depuis son entrée jusqu'à sa sortie. Chaque chemin correspond, au travers de la séquence d'actions correspondantes, à une pratique qui est donnée dans son contexte (les éléments contextuels sur le chemin). La notion d'activité considérée par les psychologues cogniticiens, trouve une expression directe dans les graphes contextuels (principalement basée sur la notion de sous-graphe). En conséquence, les graphes contextuels donnent une représentation des connaissances et du raisonnement qui est directement interprétable par les opérateurs (dans leur langage).

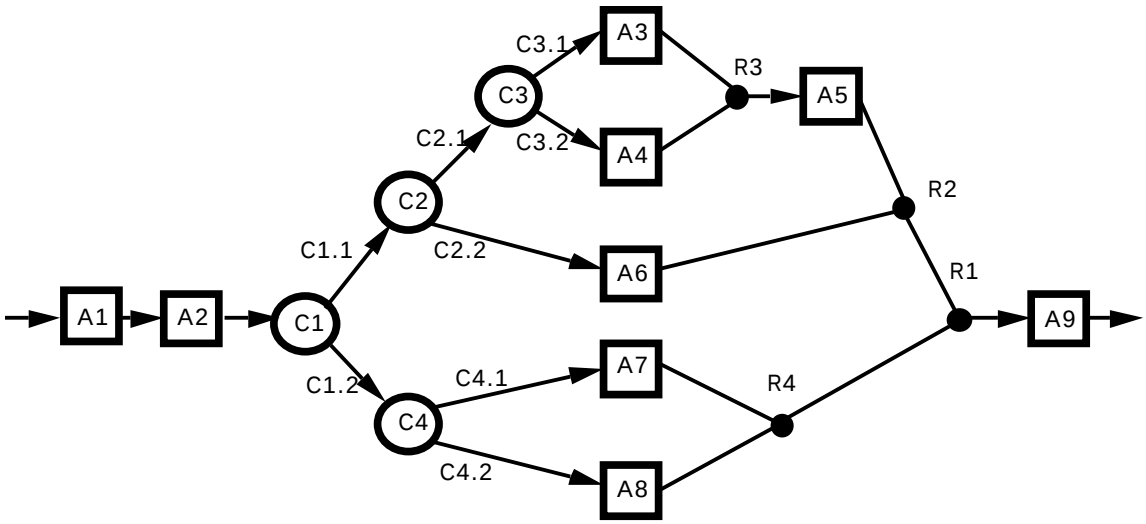


**Figure 3**: Un exemple de graphe contextuel

### 4.3 Expression du contexte dans les graphes contextuels

Le contexte du graphe contextuel dans la Figure 3 correspond aux éléments contextuels C1, C2, C3 et C4. Le contexte d'une action (par exemple l'action A3) est composé de deux parties, l'ensemble des éléments contextuels qui sont instanciés sur le chemin depuis l'entrée du graphe jusqu'à l'action (par exemple, le contexte de l'action A3 contient C1 avec la valeur C1.1, C2 avec la valeur C2.1 et C3 avec la valeur C3.1), et les éléments contextuels qui ne trouvent pas sur ce chemin (comme l'élément contextuel C4 dont l'instanciation est indifférente pour définir le contexte de l'action A3). Les éléments contextuels considérés par leur instanciation constituent le contexte procéduralisé, et le reste des éléments contextuels forme l'ensemble des connaissances contextuelles. Le contexte de l'action A3 se résume donc par :

- son contexte procéduralisé: {C1 avec la valeur C1.1, C2 avec la valeur C2.1, et C3 avec la valeur C3.1}, en supposant que les actions A1 et A2 soient exécutées;
- l'ensemble des connaissances contextuelles (ici réduit à l'élément contextuel C4).

Le contexte procéduralisé est une séquence ordonnée d'éléments contextuels instanciés. Nous le verrons par la suite, il existe un deuxième ordonnancement lié à la chronologie dans laquelle les éléments contextuels sont introduits dans le graphe contextuel par acquisition incrémentale de pratiques.

Les graphes contextuels permettant la représentation des pratiques, il n'est pas possible de développer *a priori* une représentation exhaustive de toutes les manières de résoudre un problème car le nombre de variantes contextuelles est très grand. Un système basé sur les graphes contextuels soit connaît une pratique utilisée par un opérateur pour résoudre un problème, soit va l'acquérir s'il ne la connaît pas. Dans cette dernière situation, le système peut identifier néanmoins la pratique connue la plus proche de la nouvelle pratique et demander à l'opérateur l'élément contextuel qui différencie la nouvelle pratique de celle qu'il connaît. Un intérêt des graphes contextuels est de pouvoir ainsi acquérir facilement de nouvelles pratiques avec leur contexte d'utilisation, et savoir comment la nouvelle pratique s'intègre dans le corpus de pratiques déjà connues. Une nouvelle pratique est généralement proche d'une pratique connue et demandera donc l'acquisition d'un petit nombre d'éléments (comme

l'ajout d'un nouvel élément contextuel et l'introduction d'une action en alternative à celle existant précédemment). La différence principale, à notre avis, vient du fait qu'un élément contextuel n'était pas considéré jusqu'à présent parce son instanciation importait peu jusqu'alors, et que l'application de la nouvelle pratique a été faite au contraire pour une instanciation bien précise de cet élément contextuel, contexte dans lequel un changement d'action s'imposait.

### 4.4 La dimension dynamique du contexte

Considérons à nouveau l'exemple donné dans la Figure 3. Le contexte de l'action 3 dans cet exemple est décrit d'une manière statique. Cependant, une fois que l'action A3 est exécutée, l'instanciation C3.1 de l'élément contextuel C3 ne joue plus aucun rôle dans la suite de l'application de la pratique, et l'élément contextuel C3 (dans le graphe, la paire constituée des nœuds contextuel C3 et de recombinaison R3) quitte le contexte procéduralisé pour retourner dans les connaissances contextuelles. Ainsi, lorsque l'on arrive à l'action A5 qui suit l'exécution de l'action A3 dans l'exécution de la pratique, le contexte d'exécution de l'action A5 est composé de :

- son contexte procéduralisé : {C1 avec la valeur C1.1, et C2 avec la valeur C2.1}, en supposant que les actions A1 et A2 ont été exécutées ;
- l'ensemble des connaissances contextuelles : (C3, C4).

Ainsi, chaque action est associée à un contexte statique, mais il existe une dynamique du contexte au niveau de la pratique, par exemple quand le focus d'attention passe de l'action A3 à l'action A5. Les connaissances contextuelles et le contexte procéduralisé évoluent durant l'application d'une pratique (le long d'un chemin dans un graphe contextuel). Par exemple, considérons la pratique {A1, A2, A3, A5, A9}. Son contexte présente la dynamique décrite dans la Table 1 où chaque ligne de la Table correspond à un changement d'état du contexte.

| | Contexte de | Connaissances contextuelles | Contexte procéduralisé |
|---|---|---|---|
| 1 | A1-A2 | {C1, C2, C3, C4} | {Ø} |
| 2 | | {C2, C3, C4} | {C1.1} |
| 3 | | {C3, C4} | {C1.1, C2.1} |
| 4 | A3 | {C4} | { C1.1, C2.1, C3.1} |
| 5 | A5 | {C3, C4} | {C1.1, C2.1} |
| 6 | | {C2, C3, C4} | {C1.1} |
| 7 | A9 | {C1, C2, C3, C4} | {Ø} |

**Table 1** : Evolution du contexte au cours de l'application de la pratique {A1, A2, A3, A5, A9} donnée dans la Figure 3.

Le mouvement à l'intérieur du contexte entre les connaissances contextuelles et le contexte procéduralisé (mais correspondant à sa dynamique d'un point de vue externe) est lié au changement de statut d'un élément contextuel entrant dans le contexte procéduralisé (instanciation d'un élément contextuel) ou en sortant vers l'ensemble de connaissances contextuelles (abandon de l'instanciation du dernier élément contextuel entré dans le contexte procéduralisé).

Le contexte procéduralisé est une séquence ordonnée d'éléments contextuels qui sont considérés à travers leur instanciation, et comme par ailleurs les graphes contextuels ont une seule entrée et une seule sortie, le mouvement entre les connaissances contextuelles et le contexte procéduralisé suit la règle "dernier entré, premier sorti" car les éléments contextuels ne peuvent qu'être emboîtés. L'historique de la progression dans l'exécution de la pratique fait lui-même parti du contexte, et ainsi deux contextes ayant le même ensemble de connaissances contextuelles et le même contexte procéduralisé (comme aux lignes 3 et 5 de la Table 1 ci-dessus) sont donc différent.

### 4.5 Aspects pratiques des graphes contextuels

Le formalisme des graphes contextuels a été implémenté dans un logiciel écrit en Java. Il présente les fonctionnalités usuelles de ce type de logiciel : identification de l'utilisateur, basculement à tout moment entre différentes langues, corrections et enrichissement de tous les textes apparaissant, une aide en ligne, différents type de visualisation et de présentation, etc.

L'acquisition incrémentale de pratiques se fait par interaction entre l'opérateur et le système. Actuellement, l'opérateur sélectionne le graphe contextuel correspondant à la résolution de son incident, fournit la séquence d'actions qu'il a utilisé pour résoudre l'incident, indique le chemin dans le graphe contextuel correspondant au mieux à la pratique déployée. Le système compare alors les deux pratiques, la pratique qu'il connaît et celle fournie par l'opérateur. Si la pratique entrée par l'opérateur est connue du système, alors le système ne fait qu'une gestion administrative (ajout à l'historique de la pratique la date de sa dernière utilisation, impression du rapport d'incident). Toutefois, si une différence apparaît entre les deux pratiques (dans les séquences d'actions il existe au moins une action différente), le système entre dans une phase d'acquisition de la nouvelle pratique à travers ses différences avec la pratique connue la plus proche, c'est-à-dire la demande de l'élément contextuel (le nœud contextuel et le nœud de recombinaison correspondant) qui n'avait pas encore été considéré jusqu'à présent mais dont il faut une instanciation particulière pour la pratique à acquérir et la nouvelle action.

L'explication que le système peut fournir sur une pratique correspond à la présentation des différents éléments contextuels qui interviennent sur le chemin, l'ordre dans lesquels ces éléments contextuels interviennent dans la pratique, l'ordre chronologique dans lesquels les éléments contextuels ont été introduits les uns par rapport aux autres au fil de l'acquisition incrémentale des pratiques. L'explication d'une action dans une pratique repose essentiellement sur le contexte procéduralisé de cette action (la séquence de nœuds contextuels instanciés). Le système peut ainsi expliquer le raisonnement tenu dans la pratique jusqu'à cette action en présentant (1) les éléments contextuels explicitement utilisés, (2) les instanciations des nœuds contextuels correspondants, (3) l'ordre dans lesquels ces nœuds contextuels sont instanciés, et (4) l'ordre dans lesquels (et les raisons sous-jacentes) les éléments contextuels ont été introduit dans le graphe contextuel. Ces deux derniers points sont une manière d'expliquer la dynamique du contexte qui conduit à l'action à expliquer. L'explication d'un raisonnement devient ainsi un processus qui évolue plutôt que quelque chose de statique dérivé à partir de facteurs connus a priori (par exemple la description de la situation initiale seulement). Notre position rejoint donc celle de Leake (1996) à propos des explications dans le raisonnement à base de cas, mais l'explication générée à partir d'un graphe contextuel présente différentes granularités (au niveau du contexte procéduralisé ou de l'ordre et des raisons de l'introduction de chaque élément contextuel).

De plus, les mécanismes d'agrégation et d'expansion des graphes contextuels permettent à l'opérateur de se focaliser sur une partie seulement d'un graphe contextuel. (L'opérateur peut agréger un sous-

graphe en une sorte d'activité, ce qui lui permet d'étudier en détail d'autres parties du graphe contextuel, son évolution par l'ajout de pratiques successives, etc.). La puissance explicative des graphes contextuels est actuellement en cours d'étude.

## 5. CONCLUSION

Ce papier présente un formalisme basé sur le contexte appelé graphes contextuels. Ce formalisme permet de représenter les connaissances et les raisonnements dans leur contexte, ce qui permet de représenter dans certaines tâches les pratiques comme les procédures. Les graphes contextuels donnent une représentation simple et naturelle des connaissances et des raisonnements en terme directement compréhensible par les opérateurs (par exemple, en utilisant une notion d'activité qui leur est usuelle). Toutefois, le formalisme présente plusieurs aspects interdépendants qui sont inclus naturellement dans la représentation comme la dynamique du contexte, l'acquisition incrémentale de pratiques et la génération d'explications à différents niveaux de granularité.

Il n'en reste pas moins une restriction sur ce type de représentation. Il s'agit des groupements d'actions parallèles. Ces groupements ont été introduits pour représenter un ensemble de N étapes dans l'exécution d'une pratique, ces N étapes pouvant êtres réalisés en parallèle ou séquentiellement dans n'importe quel ordre, l'important étant que ces N étapes soient accomplis avant de commencer la N+1ème action. Ceci revient à dire que les graphes contextuels ne permettent pas de représenter les différentes manières dont ces N étapes peuvent être réalisées. Si l'on prend l'exemple classique de la préparation du café (voir un manuel d'UML par exemple), on doit effectuer les actions de prendre le paquet de café, la boîte de filtres et le réservoir à remplir d'eau. L'ordre dans lequel ces trois opérations doivent être exécutées n'est pas important (à la limite ces trois actions pourraient être accomplies en parallèle), mais ces trois actions (au moins) doivent être réalisées avant de mettre la machine à café sous tension.

En fait un groupement d'actions parallèles est l'expression simplifiée d'une réalité complexe aux multiples alternatives, mais qui n'est peut être pas au même niveau de représentation que le reste du problème. Dans l'exemple de la préparation du café, des connaissances à une granularité différente porteraient sur le type de machine à café et le type de café choisi. Il n'y a donc pas de structure globale pour représenter l'ensemble des activités possible sur les branches. A l'inverse, un nœud contextuel ouvre un ensemble d'actions exclusives (différentes méthodes pour accomplir la même partie d'une pratique).

L'ordonnancement des actions dans un groupement d'actions parallèles dépend d'éléments contextuels qui, d'une part, n'apparaissent pas dans le graphe contextuel parce qu'ils ne sont pas au même niveau de description que les pratiques et qui, d'autre part, constituent un réseau dense d'éléments contextuels conduisant à un petit nombre d'alternatives. Ces éléments contextuels forment une structure qui est trop complexe pour être réduite à un nœud contextuel résultant unique. Dans l'exemple de la préparation du café, la machine peut avoir un porte filtre indépendant de la machine, articulé ou fixé sur la machine. Le choix entre "prendre le paquet de café" et "prendre la boîte de filtre" peut dépendre du fait que le paquet de café a été laissé la veille sur le buffet, ou que le paquet de filtres est le premier objet rencontré sur le chemin de la machine à café, etc. Il s'agit là de détails qui sont jugés globalement à un autre niveau correspondant à un but supérieur. C'est une manière de composer avec un manque ou, à l'inverse, une complexité d'informations locales.

Jusqu'à maintenant, la dynamique de l'environnement était prise en compte à travers l'évolution de données physiques comme la localisation géographique de l'utilisateur, l'heure de la requête, etc. Toutefois, outre les données, la dynamique porte également sur des informations et des connaissances sur l'utilisateur et son environnement. Les graphes contextuels permettent de composer une telle dynamique grâce à ses mécanismes d'acquisition incrémentale.

Il existe un autre avantage à travailler sur des pratiques plutôt que sur les seules procédures. Nous avons montré que l'introduction d'une nouvelle pratique dans un graphe contextuel correspond généralement à l'introduction de très peu d'éléments (souvent un élément contextuel et une action). Par ailleurs, le nombre de pratiques que l'on peut développer à partir d'une procédure n'est pas infini, et l'on peut espérer au bout d'un moment que le système possède la quasi totalité des pratiques possibles pour résoudre un problème. Les graphes contextuels constituent ainsi une sorte de mémoire d'entreprise qui peut conduire facilement à un partage effective d'expériences au sein d'une communauté de pratiques.

Nous cherchons actuellement à appliquer le formalisme des graphes contextuels dans d'autres domaines. Une première possibilité existe en psychologie où nous étudions comment la génération d'explications dans une catégorisation contextuelle utilise le contexte pour introduire chronologiquement les propriétés générales des catégories, puis les propriétés spécifiques et finalement les propriétés relationnelles entre les objets d'une catégorie (Ganet et al., 2003). Une seconde possibilité est l'étude de ce qu'apporte la prise en compte explicite du contexte dans la sécurité informatique en modélisant toutes les manières possibles d'aller sur un serveur (les pratiques), puis en contrôlant les manières qui peuvent conduire à des problèmes par identification des contextes correspondant (Kouadri Mostéfaoui et Brézillon, 2003).

**REFERENCES**


Borges, M., Naveiro, R. et Souza Fillho, R. (1999). "SISPRO - A Computer Support System for conceptual design in architecture", *Proceedings of the 12th International Conference in Engineering Design*, Munich, Heurista.

Bouaud, J., Séroussi, B. et Antoine, E.-Ch. (1999). OncoDoc: modélisation et “opérationalisation” d'une expertise thérapeutique au niveau des connaissances. Actes de Ingénierie des Connaissances (IC'99), Palaiseau, pp. 61-69.

Brézillon, P. (2002). Modeling and using context: Past, present and future. Rapport de Recherche du LIP6 2002/010, Université Paris 6, France. http://www.lip6.fr/reports/lip6.2002.010.html.

Brézillon, P. (2003a). Context-based intelligent assistant systems: A discussion based on the analysis of two projects. Proceedings of the 36th Hawaii International Conference on Systems Sciences, HICSS-36, Track "Decision Technologies for Management", R.H. Sprague (Ed.), Los Alamitos: IEEE, CD-Rom.

Brézillon, P. (2003b) Contextual graphs: A context-based formalism for knowledge and reasoning in representation. To appear in Research Report, LIP6, University Paris 6, France.

Brézillon, P. et Pomerol, J.-Ch. (1999). "Contextual knowledge sharing and cooperation in intelligent assistant systems", *Le Travail Humain*, 62(3: 223-246.

Brézillon, P., Pasquier, L. et Pomerol, J. Ch. (2002). Reasoning with contextual graphs. *European Journal of Operational Research*, 136(2): 290-298.

Degani, A. et Wiener, E.L. (1997). Procedures in complex systems: The airline cockpit. IEEE Trans. on Systems, Man, and Cybernetics-Part A: Systems and Humans, 27(3): 302-312.

Dourish, P. (2001). "Seeking a Foundation for context-aware computing". Human-Computer Interaction, 2001, 16 (2-4). http://hci-journal.com/editorial/vol-16.html

Ganet, L., Brézillon, P. et Tijus, Ch. (2003). Explanations as contextual categorization. In: Modeling and Using Context (CONTEXT-03), LNCS, Springer Verlag. (to appear).

Humphreys, P. et Brézillon, P. (2002). Combining rich and restricted languages in multimedia: enrichment of context for innovative decisions. In: F. Adam, P. Brézillon, P. Humphreys and J.-Ch. Pomerol (Eds.) Decision Making and Decision Support in the Internet Age. Oak Tree Press, pp. 695-708.

Karsenty, L. et Brézillon P. (1995). Cooperative problem solving and explanation. Expert Systems With Applications, **8**(4): 445-462.

Kouadri Mostéfaoui, G. et Brézillon, P. (2003). A generic framework for context-based distributed authorizations. In: Modeling and Using Context (CONTEXT-03), LNCS, Springer Verlag. (to appear).

Leake, D B, (1996). "Case-based reasoning: Experiences, lessons, and future directions. Chapter I" *CBR in context: The present and future* Menlo Park: AAAI Press/MIT Press.

Naveiro, R.M., Brézillon, P. et Souza, F.R. (2002). Contextual knowledge in design: the SisPro project. Review Document Electronique, Hermès, 5(3-4): 115-134.

Pasquier, L. (2002). Modélisation de raisonnement tenus en contexte. Application à la gestion d'incidents sur une ligne de métro. Thèse de l'Université Paris 6, juillet.

Pomerol, J.-Ch. et Brézillon, P. (2001). About some relationships between knowledge and context. Modeling and Using Context (CONTEXT-01). Lecture Notes in Computer Science, Springer Verlag, pp. 461-464.

Strauss, A., Fagerhaugh, S., Suczek, B. et Wiener, C. (1985). Social Organization of Medical Work. Chicago and London: University of Chicago Press

Tversky, A. (1977). Features of similarity, *Psychological Review* 84(4): 327--352.