



HAL
open science

Capitalisation des connaissances dans le cadre d'un transfert industriel

Jean-Marie van Craeynest, Jean-Louis Ermine, Christophe Chagnot

► **To cite this version:**

Jean-Marie van Craeynest, Jean-Louis Ermine, Christophe Chagnot. Capitalisation des connaissances dans le cadre d'un transfert industriel. IC'97, Ingénierie des Connaissances, May 1997, Roscoff, France. pp.00. hal-00984571

HAL Id: hal-00984571

<https://hal.science/hal-00984571>

Submitted on 6 May 2014

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.

Capitalisation des connaissances dans le cadre d'un transfert industriel

Jean-Marie Van Craeynest, Jean-Louis Ermine, Christophe Chagnot

Article paru dans

Actes de la conférence IC'97

"Ingénierie des Connaissances", Roscoff 20-22 mai 1997

Capitalisation des connaissances dans le cadre d'un transfert industriel

Jean-Marie Van Craeynest⁽¹⁾, Jean-Louis Ermine⁽¹⁾, Christophe Chagnot⁽²⁾

Commissariat à l'Énergie Atomique

⁽¹⁾*DIST/SMTI*

Groupe Gestion des Connaissances

Centre d'Études de Saclay

91191 Gif sur Yvette Cedex

craeynest@cartier.cea.fr

jlermine@tabarly.saclay.cea.fr

⁽²⁾*DTA/CEREM/DPSA/STA*

Laboratoire Moderne de Soudage

Centre d'Études de Saclay

91191 Gif sur Yvette Cedex

cchagnot@cea.fr

RESUME : Cet article présente le cas de l'utilisation d'une méthode de gestion des connaissances dans le cadre du transfert industriel d'un produit de la R&D. La démarche s'appuie sur la mise en contexte par modélisation de l'activité, l'identification des données par modélisation conceptuelle et le recueil de l'expertise par adaptation d'un formalisme de tâches. Cet article expose les réalisations qui ont jalonné l'action et les difficultés rencontrées. La principale de ces difficultés est due à la forte évolutivité du système, du contexte et de l'expertise associée. Cette évolutivité est due à la nécessaire poursuite de l'effort de R&D, en parallèle aux actions de transfert et d'industrialisation. Face à ce type de problématique, les méthodes de gestion des connaissances, qu'elles relèvent de la systémique, du génie logiciel ou du génie cognitif sont encore rares à intégrer les aspects ayant trait à l'évolution et au temps et ce thème constitue un axe d'étude prometteur. Cette expérience nous conduit aussi à replacer la problématique du transfert de connaissances au coeur des questions de management et d'organisation.

MOTS CLES : Gestion des connaissances, transfert de technologie, soudage, modélisation systémique, modélisation cognitive, ingénierie des connaissances, système de connaissances, système d'information, management des organisations, évolution des connaissances.

1. Introduction

La gestion des connaissances est actuellement un enjeu stratégique dans les organisations [BRU94], [BAU96]. Cette dimension stratégique a été confirmée par la direction du CEA qui a inscrit la gestion des connaissances comme une directive dans son manuel qualité [MQ94].

Parmi les différents aspects que peut revêtir la problématique de la gestion des connaissances nous retrouvons souvent l'expression d'un besoin de capitalisation et de pérennisation pour une utilisation future difficile à définir. Dans le cas des transferts de technologie issus de programmes de R&D, le besoin est clair : il s'agit de transférer au partenaire industriel la connaissance nécessaire à l'industrialisation du procédé ou du système. C'est une des problématiques de base dans un organisme public de recherche comme le CEA.

La difficulté inhérente à ce transfert vient du fait qu'au sein de l'activité de R&D, les connaissances sont naturellement gérées de façon à optimiser le processus de R&D (études bibliographiques, rapports, compte-rendus d'essais...) mais cette gestion intègre rarement dès son origine les besoins spécifiques au transfert industriel.

Une seconde difficulté réside dans la nature des connaissances mises en jeu et leur identification. Dans le cas du développement d'un système technologique, les connaissances à transférer qui viennent immédiatement à l'esprit sont celles relatives à son utilisation et celles relatives à sa conception. Le problème se complexifie dans le cas d'un système dont la mise en œuvre dépend fortement du contexte et qui nécessite des savoirs et savoir-faire que le laboratoire chargé de la R&D a progressivement acquis. Avec le temps, une partie de ces savoirs et savoir-faire a diffusé au sein de l'organisation au point qu'elle n'apparaît plus de façon évidente comme faisant partie des connaissances à transférer [ACT83].

Nous allons ici présenter une action relevant de ce type de problématique, action menée en utilisant une approche issue des recherches du Groupe de Gestion des Connaissances (GGC) de la Direction de l'Information Scientifique et Technique du CEA (DIST). Cette action fournit un retour d'expérience utile à la poursuite des travaux de recherche en Gestion des Connaissances. Le but de cet article n'est pas d'exposer le développement de thèmes de recherche, mais de faire le point sur une application opérationnelle de résultats de recherche en gestion des connaissances.

2. Contexte du projet

Le projet a été mené au CEA (Commissariat à l'Énergie Atomique), plus particulièrement au sein de la Direction des Technologies Avancées (DTA), dans le cadre du transfert vers l'industrie d'un système de Soudage Assisté par Ordinateur¹, dénommé SYLVARC, développé à Saclay par le Laboratoire Moderne de Soudage (LMS)².

Le système SYLVARC est un moyen de contrôle et de régulation du procédé de soudage. Il complète l'installation de base en y incorporant des fonctions de mesure et d'archivage et des fonctions de commande et d'asservissement. Une partie des mesures se fait par acquisition et traitement en temps réel de l'image de la scène de soudage [DEP91].

Le paramétrage du système dépend fortement des conditions d'application (fonctions requises, nature des matériaux à souder, position de soudage...). Dans certains cas, il est nécessaire de réaliser une étude d'identification du comportement du procédé. Cette étude utilise les ressources humaines et matérielles du laboratoire [CHA94].

Un des premiers enjeux identifiés était la capitalisation et la réutilisation des connaissances acquises lors du traitement d'un cas de paramétrage, qu'il s'agisse de savoir-faire, de données expérimentales ou de résultats de faisabilité consignés sous forme de rapports. Une autre attente forte était d'obtenir une meilleure visibilité et une meilleure maîtrise du processus de paramétrage pour pouvoir en expliquer la démarche, et aussi l'optimiser.

3. Approche méthodologique : aspects théoriques

Face à une problématique assez générale, nous avons cherché des outils méthodologiques pouvant nous aider à structurer notre démarche et nous permettre d'affiner l'analyse et la formulation des besoins. La démarche suivie pour le déroulement de cette action est le fruit d'une adaptation de la méthode MKSM [ERM96b].

MKSM postule la notion de système de connaissance [ERM96a]. Ce système est complexe [MAC96] et son étude nécessite plusieurs points de vue inextricablement liés. MKSM propose donc une approche selon trois points de vue complémentaires : Le contexte (approche du métier concerné), les savoirs et savoir-faire (approche par l'ingénierie cognitive) et l'information (approche par le génie logiciel).

Le contexte est décrit par deux niveaux de modélisation. Le premier s'attache à décrire le domaine, les processus scientifiques et techniques vus par le ou les experts concernés. Le second niveau de modélisation du contexte s'attache à décrire l'activité (au sens de l'organisation). C'est le point de vue pragmatique dont l'outil est ici la modélisation systémique [LEM90], [DUR94].

Le second point de vue est centré sur les aspects "cognitifs" de la connaissance. Les savoirs et savoir-faire sont modélisés selon deux aspects : les connaissances statiques ou l'ensemble des concepts manipulés et les connaissances dynamiques ou les stratégies de manipulation des concepts en vue de résoudre un problème donné. Il s'agit du point de vue sémantique dont l'outil est le génie cognitif [VOG89], [HIC89].

Le troisième point de vue est centré sur l'information et son traitement. Les modèles produits ici sont les modèles conceptuels des données et les modèles conceptuels des traitements couramment utilisés en génie logiciel [DIO93], [BOU94].

¹ Ce transfert a fait l'objet d'un contrat d'aide avec l'Agence Nationale pour la Valorisation de la Recherche (ANVAR).

² Nous remercions ici toute l'équipe du LMS et en particulier Diane de Prunele et Alain Dillet.

L'ensemble de ces points de vue est symbolisé par le "macroscopie de la connaissance" au sens de [DER75] représenté dans la figure 1.

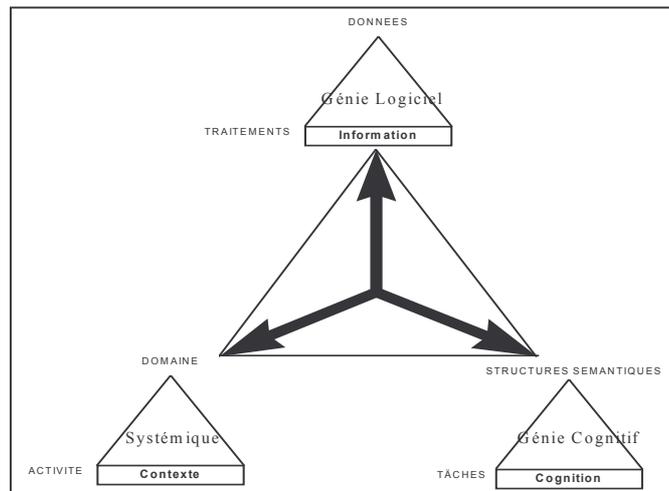


Figure 1. Le macroscopie de la connaissance

4. Modèle d'activité et élaboration d'une stratégie de gestion des connaissances

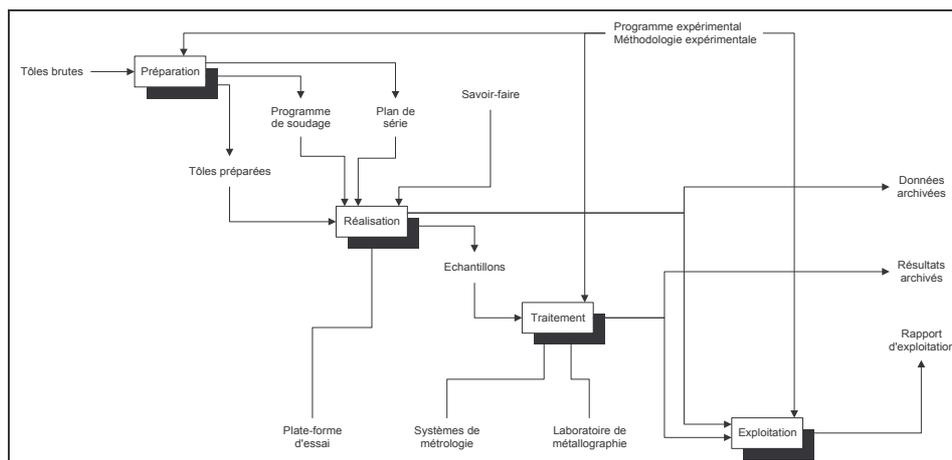


Figure 2. Actigramme générique pour la réalisation d'une série d'essais

Parmi les différents points de vue proposés par MKSM, nous avons débuté par l'analyse de l'activité. Le modèle d'activité produit a permis, d'une part, de localiser les activités nécessitant la maîtrise d'une expertise ou d'un savoir-faire et, d'autre part, d'identifier les besoins comme, par exemple, le recueil et le transfert des méthodes de paramétrage des conditions d'imagerie et l'amélioration des moyens d'exploitation des campagnes expérimentales.

Nous avons utilisé un formalisme de type SADT [IGL82]. Cette étape de modélisation a fait apparaître des éléments communs à plusieurs activités qu'il est possible de factoriser en activités génériques réutilisables. Prenons l'exemple de l'étude d'identification du comportement du procédé qui nécessite l'étude de 3 régimes de fonctionnement distincts : le "régime statique", le "régime dynamique" et le "régime perturbé". L'étude de ces 3 régimes de fonctionnement déclenche la réalisation d'au moins 3 séries d'essais de soudage dont les planifications expérimentales diffèrent. Malgré les différences de planification qui portent sur la nature et la valeur des paramètres de commande du procédé, la modélisation de l'activité de réalisation d'une série d'essais peut être commune. En effet, quelque soit le contenu du programme expérimental, cette activité débute

toujours par une préparation des pièces à souder, se poursuit par le soudage, le traitement et l'exploitation des résultats.

Le modèle d'activité fait ainsi apparaître 3 "boîtes" (pour chacun des trois régimes étudiés) se décomposant en un même actigramme présenté en figure 2.

Le modèle d'activité obtenu comporte 6 niveaux de décomposition et une vingtaine de diagrammes dont 6 diagrammes génériques. Il a été réalisé à la suite d'entretiens menés avec le chef du projet SYLVARC et avec un spécialiste du paramétrage.

Les différents besoins identifiés à l'aide du modèle d'activité ont donné naissance à plusieurs propositions de sous-projets. Compte-tenu du nombre de ces sous-projets, des priorités ont été définies. Ces priorités ont résulté de l'application d'une méthode d'analyse des enjeux et risques [ADE90] issue des techniques de la qualité. Les principes de cette méthode ont été adaptés pour obtenir une solution consensuelle au sein des acteurs impliqués (le chef du projet et deux membres de l'équipe de développement du système). Nous avons procédé en 4 phases :

- La première phase a consisté en l'inventaire auprès de ces acteurs de la nature des enjeux et des risques liés à chacun des projets.
- Dans une seconde phase, nous avons, toujours en relation avec les acteurs, effectué une pondération puis une évaluation et normalisation des critères retenus.
- Les moyennes obtenues ont été utilisées pour positionner les différents projets dans le plan "niveau de risque / niveau des enjeux".
- Le choix s'est alors fait sur cette cartographie qui représente la synthèse des avis de tous les acteurs.

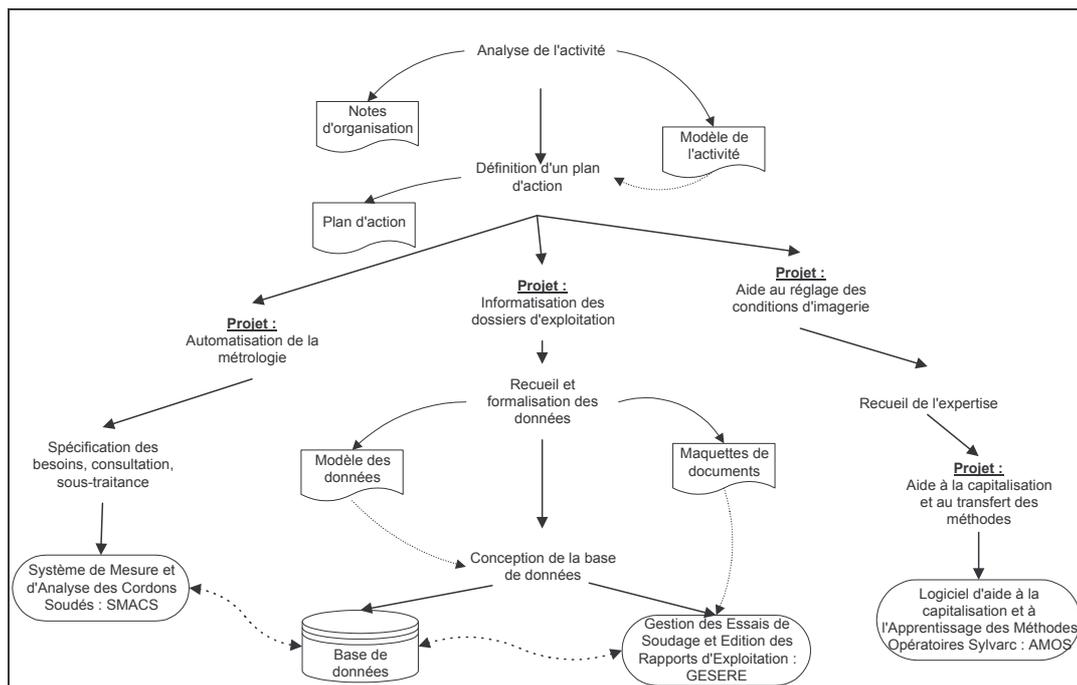


Figure 3. La démarche suivie

À l'issue de cette étape de priorisation, 4 sous-projets ont été engagés : le développement de bases de données expérimentales, le développement d'un système de métrologie des cordons soudés, le développement d'un éditeur de documents d'exploitation et l'étude de moyens d'aide au réglage des conditions d'imagerie.

La figure 3 présente une vue générale de la démarche, depuis l'analyse de l'activité jusqu'au développement et la mise en service de solutions logicielles et/ou organisationnelles.

5. Modèle des concepts et Bases de Données

L'étape suivante d'analyse et de modélisation a concerné les concepts manipulés, leur modélisation sous forme d'un réseau puis sous forme d'un schéma relationnel utilisable pour le développement de bases de données.

5.1. Le formalisme de réseau utilisé

Le formalisme de réseau de concepts utilisé est hybride, situé entre le formalisme des réseaux sémantiques et le formalisme "objet" [SOW91], [BOU94]. Les propriétés décrivant un concept sont représentées par des liens d'attribut. Les cardinalités minimum et maximum indiquent les possibilités d'occurrence d'un attribut donné. Les liens de spécialisation (notés en traits gras sur les figures 4 et 5) sont utilisés pour décrire l'organisation des concepts. Ce type de lien est utilisé pour hiérarchiser les concepts et expliciter les différentes catégories d'un concept donné. Les concepts terminaux sont décrits, soit par intension : leur type (texte, graphe, réel...) est indiqué, soit par extension : la liste des valeurs possibles est indiquée.

Afin de préparer au mieux l'étape de structuration des bases de données, et d'homogénéiser les notations au sein du laboratoire, nous avons ajouté à ce formalisme proposé par la méthode MKSM quelques éléments décrivant les données associées aux concepts terminaux. Ces ajouts portent sur le symbole et l'unité usuels, sur le domaine de valeur, et sur une proposition d'identificateur de variable (par exemple : Vitesse de soudage, V_s , cm/mn, [0-500], VitesseSoudage).

5.2. Structuration du modèle

La modélisation des concepts ou connaissances statiques manipulées aux différentes étapes du processus de paramétrage a été réalisée dans le but d'identifier les données et paramètres manipulés.

La modélisation de l'activité nous a montré que de nombreuses ressources, matérielles et humaines, étaient impliquées dans le processus de paramétrage. Pour pouvoir aborder la multitude et la complexité des concepts manipulés, nous avons utilisé le modèle d'activité pour nous guider dans la réalisation du modèle des concepts. Les premiers niveaux de spécialisation du réseau sémantique produit correspondent donc à des spécialisations par activité. Le développement d'une partie du réseau correspondant aux concepts manipulés dans une activité donnée a été réalisé lors d'entretiens menés avec le ou les acteurs impliqués dans cette activité.

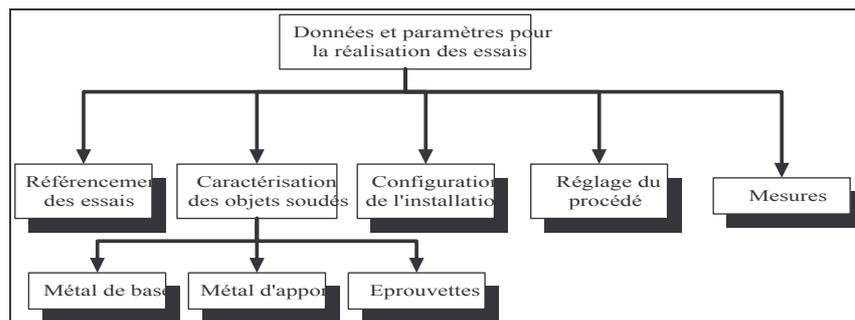


Figure 4. Modèle des concepts pour l'inventaire des données et paramètres

Le réseau obtenu comporte la description et la classification de plus de 500 paramètres représentés sous la forme de concepts terminaux.

5.3. Transformation du modèle des concepts en modèle relationnel

Toujours en suivant l'objectif de structuration d'une base de données expérimentales, nous avons construit le modèle relationnel à partir du modèle des concepts.

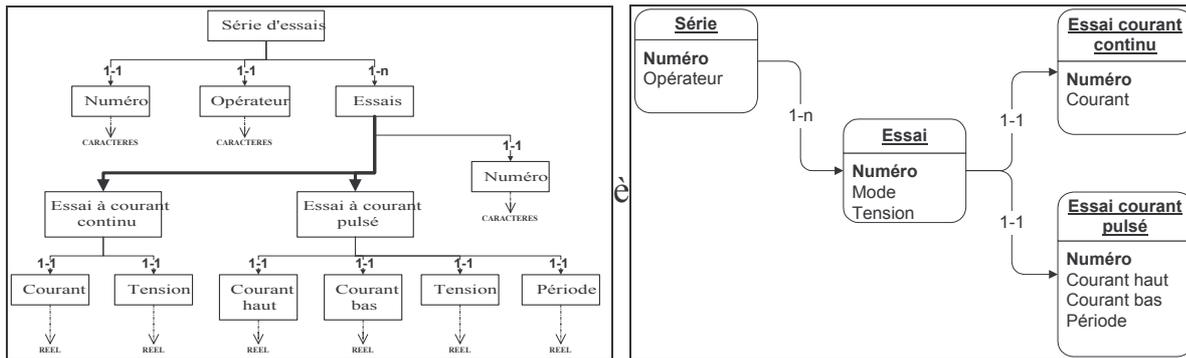


Figure 5. Exemple de transformation du réseau de concepts en schéma relationnel

La transformation du modèle de concepts en schéma relationnel n'a pas concerné l'ensemble du réseau. Nous nous sommes limités à la partie correspondant à la réalisation d'une série d'essais pour deux raisons majeures. La première est que le besoin de capitalisation des données et paramètres liés à la réalisation des essais a été exprimé au delà de la problématique d'industrialisation nous concernant. La seconde est que la généralité du modèle correspondant confirme que, quelle que soit la finalité des essais, ceux-ci sont réalisés suivant une même procédure, en agissant, pour l'essentiel, sur les mêmes paramètres. Le nombre important d'instanciations de ce modèle générique confirme, quant à lui, que l'activité de réalisation d'essais est une activité répétée et coûteuse dont l'informatisation doit procurer un meilleur retour sur investissement.

5.4. Développement des outils logiciels

Le schéma relationnel ainsi produit a été utilisé pour structurer une base de données expérimentales. Cette base de données est couplée à deux outils développés en parallèle (voir figure 3). Il s'agit du Système de Mesure et d'Analyse des Cordons Soudés (SMACS) et du système de Gestion des Essais de Soudage et d'Édition des Rapports d'Exploitation (GESERE).

Ces outils sont maintenant intégrés au processus expérimental. Lors de la réalisation d'une série d'essais, l'opérateur note sur une feuille d'essais les paramètres de réglage du procédé et de l'installation utilisés pour chaque essai. Après soudage, il effectue (ou non) la métrologie des soudures obtenues en utilisant le système SMACS (les données sont alors stockées dans la base) puis il saisit le contenu de la feuille d'essai dans la base au travers de formulaires GESERE adaptés. Il peut ensuite, toujours sous GESERE, éditer différents documents au format standardisé comme, par exemple, les courbes caractérisant la morphologie des soudures, la description de l'installation utilisée, la nature des matériaux soudés, le plan des essais, etc.

6. Modèle de tâches et mise à disposition de l'expertise

Parallèlement au développement d'outils de support du processus expérimental, et dans le cadre du projet d'aide au réglage des conditions d'imagerie, nous avons entrepris le recueil de la connaissance pour la mise en œuvre du système d'imagerie.

6.1. Formalisme utilisé : principes et adaptation

Nous avons ici cherché un formalisme nous permettant de capitaliser et diffuser l'expertise sur les méthodes de réglage des conditions d'imagerie qui puisse s'appliquer à toute autre expertise ou méthode opératoire. Les langages de tâches sont adaptés à cette problématique [CHA92], [PIE91].

Le formalisme utilisé repose sur le formalisme de la Méthode Analytique de Description (MAD) issue de travaux de l'INRIA dans le domaine de la modélisation des tâches opératoires [SCA90], [SEB91].

Le formalisme MAD est basé sur la hiérarchisation des objets de type "tâche". Une tâche est un objet générique défini par un état initial, un état final, un but recherché, des préconditions et postconditions d'exécution. Il existe deux types de tâches, les tâches "composées", c'est-à-dire se décomposant en un ensemble de sous-tâches liées par une "structure" fixant leur mode d'exécution (séquentiel, parallèle...) et les tâches élémentaires aussi appelées "actions". Une tâche de haut niveau d'abstraction est donc représentée par un arbre de tâches dont les feuilles sont des actions et dont les liens de filiation symbolisent les structures de contrôle de l'exécution des tâches liées.

A partir des principes de description d'une tâche proposée par MAD, nous avons défini la notion de fiche de tâche. Une fiche de tâche est repérée par son numéro qui reflète sa position dans l'arborescence et par son nom qui en est une description très condensée. Le formalisme MAD est rigoureux car il est conçu pour permettre, le cas échéant, d'opérationnaliser le modèle des tâches obtenu. Par exemple, les "préconditions", selon le formalisme MAD, sont des prédicats logiques dont les variables sont les attributs des objets de l'état initial. Elles expriment des contraintes sur ces objets conditionnant l'activation de la tâche. Cette composante du concept de tâche est très formelle car elle assure la consistance logique du modèle, consistance indispensable dans les activités à risques ou lorsque l'on souhaite rendre le modèle exécutable, en simulation par exemple. Le domaine de notre application n'étant pas aussi contraint, nous nous autorisons une expression textuelle moins formelle des préconditions, laissant à l'appréciation du lecteur le soin d'en faire bon usage.

Les adaptations du formalisme ont donc été guidées par le souci de conserver l'expression de la stratégie de résolution dans la structure de l'arbre des tâches tout en privilégiant l'ergonomie de recueil, de validation et de mise à disposition. Nous avons, par exemple, ajouté la possibilité d'annoter une tâche. Cette rubrique est utilisée par l'expert pour indiquer un truc, une astuce, un exemple, etc. On peut aussi envisager la possibilité offerte à l'utilisateur qui consulte et navigue dans l'arborescence des tâches d'ajouter des annotations personnelles pour une meilleure appropriation. Un autre exemple d'adaptation nous est fourni par la notion MAD d'état initial. Nous avons distingué trois catégories d'objets décrivant cet état initial : les objets manipulés (tôle à souder...), les objets de contrôle de l'exécution (documents supports, données issues d'essais précédents...) et les moyens requis ou proposés pour aider à la réalisation (ressources humaines, matérielles, logicielles...).

Le modèle obtenu comporte 4 niveaux de décomposition, 37 tâches dont 25 actions élémentaires. Il a été réalisé à partir d'entretiens avec le spécialiste du réglage des conditions d'imagerie. Lors de ces entretiens, une première passe a consisté en la structuration de l'enchaînement des tâches. Le détail du contenu des fiches de tâches a été affiné lors d'une seconde phase.

6.2. Un outil d'aide au recueil et à la mise à disposition de l'expertise

Au cours du recueil de l'expertise, nous avons été confrontés à une difficulté sur laquelle nous reviendrons plus loin dans ce document. Il s'agit de l'évolutivité de l'expertise qui rend difficile le maintien d'un modèle d'expertise correct et complet. Nous avons donc cherché les solutions nous permettant de réduire les coûts (en temps et disponibilité des experts) de maintenance évolutive des modèles d'expertise. Nous nous sommes donc engagés dans le développement d'un outil d'aide au recueil et à la formalisation des modèles d'expertise. Nous avons aussi souhaité que cet outil favorise la mise à disposition et l'apprentissage des méthodes de réglage. Nous avons ainsi développé le logiciel pour l'Apprentissage des Méthodes Opératoires du système SYLVARC (AMOS).

L'outil permet, à la suite ou au cours d'un dialogue avec un expert, de structurer un arbre de tâches et de renseigner les fiches correspondantes.

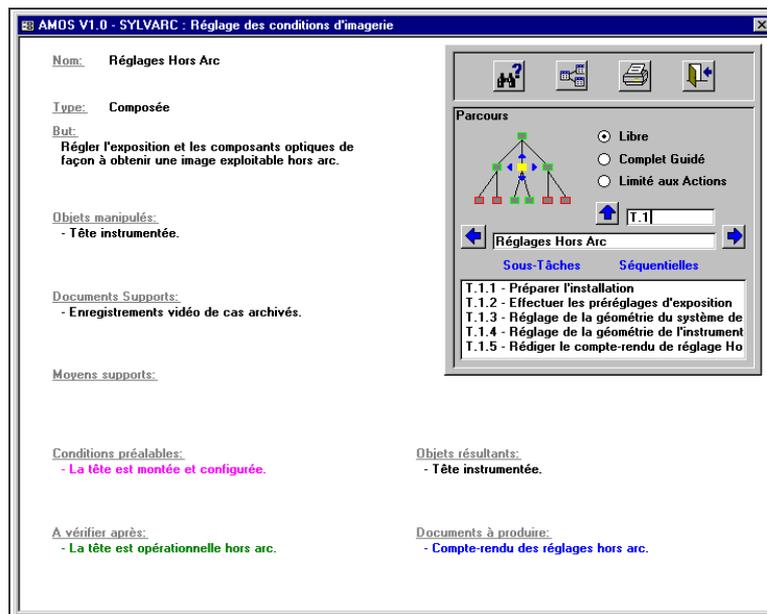


Figure 6. Écran de consultation et de navigation dans le modèle de tâches

Il permet de restituer immédiatement les modèles de tâches pour une consultation par une navigation semi-dirigée. Les règles de parcours sont indiquées à l'utilisateur au travers des constructeurs de liens, des attributs et des préconditions mais le modèle n'est pas opérationnalisé. L'utilisateur peut respecter ou non ces règles pour naviguer dans l'arbre. Il s'agit d'un système d'aide à la formalisation et à l'apprentissage, et non pas d'un superviseur.

7. Bilan et perspectives

7.1. Aspects méthodologiques

Du point de vue méthodologique, le modèle d'activité a été très important. Il nous a tout d'abord permis de localiser et d'identifier les besoins pour l'optimisation des processus en vue du transfert industriel. Il a permis de dégager une stratégie de gestion des connaissances et de placer l'ensemble des développements au sein d'un projet fédérateur.

De plus, ce modèle nous a guidés pour le recueil des concepts manipulés, permettant de focaliser la modélisation sur une activité particulière.

Toujours du point de vue méthodologique, nous avons utilisé la notion de modèle d'activité générique réutilisable. L'utilisation de modèle réutilisable nous a permis de limiter la taille du modèle d'activité global. La possibilité d'avoir recours à un bloc réutilisable traduit le fait que les activités concernées ne diffèrent pas par l'organisation des actions mais uniquement par la finalité.

L'utilisation des réseaux de concepts pour l'identification des données expérimentales a permis de garantir une bonne exhaustivité. De plus, l'organisation du réseau reflète une classification cognitive des données, classification guidée par la connaissance globale de l'activité puis par la connaissance des différents acteurs.

Le choix d'utiliser une base de données relationnelle nous a conduits à déduire le schéma relationnel du réseau de concepts. Cette opération, bien que non automatisée, a été conduite en respectant au mieux une logique de transformation explicitée plus haut.

La notion de fiche de tâche dérivée du formalisme rigoureux MAD pour favoriser l'ergonomie de recueil et d'apprentissage des méthodes a été validée. Le logiciel AMOS d'aide au recueil et à l'apprentissage des méthodes développé à cette occasion est intéressant, car il conserve la rigueur du formalisme pour une meilleure qualité en permettant une consultation par navigation de type hypertextuelle.

7.2. Un apport d'outils intégrés

Nous avons vu que cette action a contribué très directement au développement d'une base de données expérimentales et de plusieurs outils logiciels. L'approche méthodologique globale a permis d'obtenir la cohérence de ces différents outils au sein d'un projet fédérateur. Elle a aussi facilité leur implantation au sein de l'activité.

Les outils supportant l'activité expérimentale (SMACS et GESERE) sont aujourd'hui largement utilisés. Ils constituent le biais par lequel les données expérimentales sont stockées dans les bases de données. Ces outils contribuent efficacement à la capitalisation des données et à l'amélioration de la qualité des données et documents produits.

7.3. Organisation et qualité

Les informations portées par le modèle d'activité se sont montrées très riches et très utiles. Ce modèle a donné une meilleure visibilité sur l'ensemble de l'activité de paramétrage et a ainsi joué un rôle important dans le sens d'une meilleure qualité. Il a, par exemple, permis d'affiner l'organisation des essais, d'homogénéiser les pratiques expérimentales et documentaires.

7.4. Les difficultés rencontrées

Les difficultés rencontrées résultent pour l'essentiel de la nécessaire prise en compte simultanée de l'objectif de R&D et de l'objectif de transfert. L'effort de R&D, visant à l'amélioration des performances du système et à l'élargissement de son champ d'application, doit être poursuivi, mais il a pour effet de faire évoluer les connaissances à capitaliser et donc à rendre cette capitalisation plus difficile.

La tentation est toujours très forte de répondre à la question "que faut-il faire pour améliorer le système" plutôt qu'à la question "que faut-il faire pour mettre en oeuvre le système". De plus, les connaissances acquises par les différentes équipes du laboratoire (ingénierie système, recherche amont, exploitation et expérimentation) co-évoluent au sein d'un environnement complexe. Cette évolution est poussée par l'évolution des techniques, particulièrement rapide en informatique, par les retours d'expériences acquis lors du traitement de nouveaux cas d'application, par de nouveaux besoins exprimés par les partenaires industriels.

Par exemple, les méthodes de réglage des conditions d'imagerie intègrent la nature du dispositif d'instrumentation optique. Or ce dispositif doit être adapté à de nouvelles contraintes d'utilisation (encombrement, environnement...). Il est donc impossible de stopper la R&D dès qu'un accord de transfert est signé avec un partenaire industriel. De plus, si la nécessité du transfert est tardivement prise en compte, on se heurte au volume des connaissances accumulées, le problème du volume venant s'ajouter au problème de l'évolutivité pour compliquer la tâche de recueil.

A notre connaissance, les méthodes actuelles de gestion des connaissances permettent de réaliser une photographie instantanée d'un système de connaissance, d'une expertise. Or, si l'objet photographié est évolutif, la photographie perdra de son éclat pour devenir une photo souvenir et peut même être floue si l'objet observé évolue trop vite !

7.5. Les perspectives

Les méthodes et outils de gestion des connaissances doivent donc être développés sous l'angle de vue de l'évolution de la connaissance. Le génie logiciel propose une solution dans ce domaine avec la gestion des versions, solution qui répond plutôt au besoin de traçabilité qu'au souci de faciliter les évolutions à venir. Car les questions qui se posent avec la prise en compte du temps sont de deux ordres. Le premier concerne effectivement l'historique : comment recueillir la trace d'un projet, les voies explorées et éventuellement abandonnées, les causes et événements déterminants dans le processus passé d'évolution, etc. Le second concerne l'avenir : comment adapter les méthodes et outils mis en place à leur propre évolution, quelles solutions apporter pour limiter

l'effort de mise à jour des contenants et des contenus cognitifs en coévolution, comment garantir la traçabilité du projet ?

Conscients que le modèle relationnel, par exemple, n'est pas le mieux adapté aux changements d'organisation des données, nous avons limité le développement des bases de données aux activités génériques présentant quelques gages de stabilité. Pour le recueil des modèles de tâches, nous avons privilégié le développement d'un outil logiciel permettant de suivre les évolutions un peu plus facilement qu'à l'aide d'une modélisation papier.

Mais la recherche des solutions au problème posé par l'évolution des systèmes de connaissances ne doit pas être limitée au domaine de l'ingénierie mais aussi pénétrer les domaines de l'organisation et du management. Le transfert de savoir-faire ne doit pas être vu seulement comme une tâche finale attachée à un projet de R&D mais doit être pris en compte dès son origine. Les moyens du transfert doivent même préexister et faire partie intégrante du contexte de réalisation d'un projet de R&D. Il y a là des liens évidents avec les règles de fonctionnement, de partage de l'information, d'assurance qualité. Le dispositif organisationnel et technique mis en place doit co-évoluer avec le système de connaissances dont il devient un des éléments.

Du point de vue du management, la question est donc : comment organiser le système d'information pour que les connaissances nécessaires au transfert de technologie soit captées au fil de l'eau et soient capitalisées de façon à être le plus aisément récupérables, interprétables et exploitables pour une meilleure collaboration avec le ou les partenaires industriels. Les réponses possibles à cette question sont à chercher du côté de l'analyse des processus métier, et de la mise en place, dirigée par cette analyse organisationnelle, d'outils de gestion et de partage de l'information. La question devient alors : quels sont les apports des nouvelles technologies de l'information (ingénierie des connaissances, ingénierie documentaire, groupware...) pour la mise en place de telles solutions ?

8. Conclusion

Le bilan de cette action montre que, dans le contexte difficile car très évolutif d'une action de Recherche et Développement, l'utilisation d'une méthode d'approche globale d'un système complexe permet de déboucher avec succès sur des solutions opérationnelles.

Les phases de modélisation nécessitent et favorisent l'implication des acteurs du domaine permettant une meilleure émergence des besoins et un meilleur consensus quant aux solutions mises en oeuvre.

Les limites méthodologiques rencontrées, tant pour les modélisations systémiques, conceptuelles, et cognitives que pour le développement informatique, concernent la prise en compte de l'évolution, passée et future, du système de connaissances.

La principale difficulté résulte de l'évolution du système de connaissances soumis à l'effort de R&D qui se poursuit parallèlement au transfert et au développement d'un prototype industriel. Des solutions efficaces à ce problème restent à trouver. Elles feront appel à des recherches sur l'évolution des systèmes de connaissances, ainsi qu'à l'étude des impacts des nouvelles technologies de l'information sur l'organisation et le management. De telles études sont actuellement menées au CEA, au sein du Groupe Gestion des Connaissances de la DIST.

9. Bibliographie

[ACT83] *Actes du colloque sur les transferts de technologie*, CEA Saclay, 26-27 Mai 1983.

[ADE90] *Aide à la Décision de Qualité, programme de formation*. Groupe de Méthodologie Appliquée, 1990.

[BAU96] P. Baumard. *Organisations déconcertées : la gestion stratégique de la connaissance*, Masson, 1996.

[BOU94] M. Bouché. *La démarche objet : concepts et outils*, Afnor, 1994.

- [BRU94] E. Brunet, J.-L. Ermine. *Problématique de la gestion des connaissances des organisations*, Ingénierie des systèmes d'information, Vol. 2, n° 3, pp. 263-291, AFCET/Hermès, 1994.
- [CHA94] C. Chagnot, A. Dillet, D. De Prunele. *Application of the C.A.W vision SYLVARC system to the welding of 2219 aluminium alloy*. Proc. 5th Int. Conf. "Computer Technology in Welding". TWI. Paris. 15-16 Juin 1994.
- [CHA92] B. Chandrasekaran, T.R. Johnson, J.W. Smith. *Task-structure analysis for knowledge modelling*, Communications of the ACM. 35(9) pp. 124-137. 1992.
- [DER75] J. De Rosnay. *Le macroscope*, Seuil, Collection Points, 1975.
- [DEP91] D. De Prunele, A. Dillet. *Soudage assisté par ordinateur : pilotage en temps réel par vision des procédés de soudage*, Eurojoin 1. Proc. 1st Int. Conf. "Joining Technology" IS. Strasbourg, 5-7 Nov 1991.
- [DIO93] D. Dionisi. *L'essentiel sur Merise*, Eyrolles, 1993.
- [DUR94] D. Durand. *La systémique*, Que sais-je ?, PUF, Paris, 1994.
- [ERM96a] J.-L. Ermine. *Les systèmes de connaissances*, Hermès, 1996.
- [ERM96b] J.-L. Ermine, M. Chaillot, P. Bigeon, B. Charreton, D. Malavieille. *MKSM, méthode pour la gestion des connaissances*, Ingénierie des Systèmes d'Information, AFCET-Hermès, Vol. 4, N 4, pp. 541-575, 1996.
- [HIC89] F.R. Hickman, J. Killin, L. Land, T. Mulhall, D. Porter, R.M. Taylor. *Analysis for Knowledge-based Systems, a Practical Guide to the KADS Methodology*, Ellis Horwood, 1989.
- [IGL82] IGL, France. *Introduction à SADT*, Manuel, 1982.
- [LEM90] J.-L. Le Moigne. *La modélisation des systèmes complexes*, Afcet Systèmes, Dunod, Paris, 1990.
- [MAC96] M. Mack. *Une visite de la théorie de la complexité*, L'Expansion Management Review, 107, Décembre 1996.
- [MQ94] *Manuel Qualité du CEA*, 1993.
- [PIE91] C. Pierret-Golbreicht. *Task centered representation for expert systems at the knowledge level*, Proc. 8th Conf. Society for the Study of Artificial Intelligence and Simulation of Behavior. Springer Verlag, 1991.
- [SCA90] D.L. Scapin, C. Pierret-Golbreicht. *Toward A Method For Task Description : MAD*, in L. Berlinguer and D. Berthelette (Eds), *Work in Display Units 89*, Elsevier Science Publishers, North Holland, 1990.
- [SEB91] S. Sebillotte. *Décrire des tâches selon les objectifs des opérateurs*, de l'interview à la formalisation, le travail humain, tome 54, N° 3, pp. 193-223. 1991.
- [SOW91] J.F. Sowa. *Principles of Semantics Networks*, Morgan Kaufmann, 1991.
- [VOG89] C. Vogel. *Génie cognitif*, Collection Sciences Cognitives, Masson, Paris, 1989.