

PROPOSITION D'UNE ARCHITECTURE COMPOSEE DE MULTIPLES PROCESSUS DE RETOUR D'EXPERIENCE COOPERANTS

Sandrine Viel*, Thierry Coudert**, Laurent Geneste***

Résumé. – Cet article présente les premiers résultats d'une étude réalisée en partenariat avec l'entreprise Turbomeca traitant des problèmes engendrés par l'implémentation de processus de retour d'expérience dans une entreprise étendue. La première partie de l'article est dédiée à la définition et à la description des processus de retour d'expérience et des approches les plus avancées pour faciliter leur implémentation. Dans une seconde partie, nous montrons que dans une entreprise étendue, il est nécessaire de définir de multiples processus de retour d'expérience pour que l'approche soit adaptée aux différents niveaux de décisions et aux différents produits/technologies utilisés dans l'entreprise. Nous proposons une trame générale pour intégrer ces différents aspects et nous présentons l'illustration d'un cas concret. Finalement, nous concluons sur l'originalité de notre proposition ses avantages et les perspectives de notre travail.

Mots-clés : Gestion des connaissances, Retour d'expérience, Entreprise étendue, Système de décision Hiérarchique, Coopération.

1. Introduction

La mondialisation des marchés, la libéralisation de l'économie et les progrès réalisés dans le domaine des technologies de l'information et de la communication engendrent des

* Doctorante chez Turboméca et au LGP, Ecole Nationale d'ingénieurs de Tarbes.

** Maître de Conférences, LGP, Ecole Nationale d'ingénieurs de Tarbes.

*** Professeur des Universités, LGP, Ecole Nationale d'ingénieurs de Tarbes.

changements profonds dans l'organisation des entreprises. Elles doivent réagir de plus en plus rapidement et anticiper au mieux les problèmes, ce qui les conduit bien souvent à s'étendre pour former des entreprises interconnectées en réseau. Dans ce contexte très changeant, un nombre croissant d'entreprises se tourne vers la gestion des connaissances afin de valoriser leurs capitaux immatériels [5] [9]. Plusieurs méthodes de Gestion des Connaissances ont ainsi été développées, elles présentent souvent des difficultés de mise en oeuvre car elles nécessitent :

1. l'utilisation de techniques de modélisation conceptuelles, comme par exemple la méthode KADS [19], qui s'avèrent difficile à s'approprier et qui sont grandes consommatrices en temps et ressources humaines [11],
2. l'introduction d'un cognitif, nouvel acteur de l'entreprise, dont le rôle est d'aider les experts à décrire leurs connaissances et qui implique des investissements supplémentaires [10],
3. l'extraction non contextualisée de la connaissance des acteurs.

De nombreuses méthodes et outils de gestions ont été développés [8], mais comme les systèmes de gestion des connaissances sont difficiles à implémenter, de plus en plus de personnes s'intéressent au retour d'expérience car c'est une autre voie possible de valorisation des capitaux immatériels. Le retour d'expérience est un moyen de gérer des connaissances issues d'expériences, c'est-à-dire, des connaissances spécifiques utilisées dans un contexte particulier de résolution de problèmes. Le processus de retour d'expérience comporte deux phases : la capitalisation et l'exploitation de la connaissance. Dans la littérature, plusieurs approches portant sur le retour d'expérience ont été développées afin de définir la notion du retour d'expérience et une vision générale sur la gestion des expériences [3] a notamment été proposée. Nous proposons d'employer ce concept de retour d'expérience pour répondre aux problèmes industriels concernant la capitalisation de la connaissance.

Dans la littérature, plusieurs modèles de retour d'expérience sont proposés. Par exemple, dans [15], le modèle proposé concerne l'apprentissage par l'expérience. Ce modèle est fondé sur un cycle composé de quatre étapes : expérience concrète, réflexion, proposition de concepts abstraits et finalement expérimentation. Pendant la première étape, ce modèle permet d'établir une connaissance personnelle à partir de ses propres expériences. La deuxième étape concerne le partage de la connaissance. La troisième permet la formalisation de la connaissance et la quatrième permet une validation de la connaissance. Une autre approche développée par [1] concerne un processus générique des leçons apprises. Cette approche décrit un processus générique composé de cinq processus : collecter, vérifier, stocker, diffuser et réutiliser. D'abord, des leçons sont collectées par un centre. Elles représentent des expériences qui sont vérifiées par des experts. Puis, les leçons sont stockées dans une base et un processus de diffusion permet

alors à des personnes de réutiliser la connaissance contenue dans les leçons. Dans l'approche de [12], un cycle de retour d'expérience est décrit. Ce cycle est décomposé en quatre activités : utiliser des savoir-faire dans les processus industriels, analyser, capitaliser la connaissance et la diffuser. Dans ce modèle, les expériences sont issues des processus industriels. Puis, elles sont converties en règles après une phase d'analyse. Les règles sont ensuite capitalisées dans la base de connaissance sorte de « mémoire d'entreprise » puis diffusées. Le point clé de ce modèle est la conservation de la trace du savoir-faire mis en action dans l'activité Utiliser au moyen des autres activités de la boucle.

Chaque modèle présenté est composé d'une succession d'activités visant à créer des connaissances. Ces activités permettent de transformer l'information issue d'événements simples en connaissance réutilisable. En fait, le rôle des activités du processus de retour d'expérience est de rendre exploitable cette information. Dans cette optique, plusieurs outils fondés sur le raisonnement à partir de cas (RàPC) [16] [18] ont été implémentés. Le RàPC est une méthode basée sur la résolution de nouveaux problèmes en réutilisant des expériences employées pour résoudre des problèmes dans le passé. Le raisonnement est basé sur la connaissance qui a été acquise par expérience. Cette expérience acquise est stockée dans la mémoire de cas et est employée pour acquérir de nouvelles connaissances. Dans un premier temps, une recherche est effectuée pour trouver dans la base de cas des expériences semblables (cas) au nouveau cas que l'on souhaite résoudre. Si on trouve des cas similaires, ils peuvent être employés afin de résoudre le nouveau problème. Ces expériences semblables sont alors adaptées, révisées et consignées dans la base de cas. D'autres travaux traitent du problème de modélisation des processus de retour d'expérience dans des contextes industriels spécifiques comme par exemple [2], [4], [6] et [7].

Ces modèles sont généraux et traitent de l'acquisition et de la réutilisation de connaissance mais ils ne tiennent pas compte de l'organisation des entreprises. Dans le contexte industriel, il est important lors de la définition d'un processus de retour d'expérience de tenir compte du fait que les décideurs travaillent pour différentes organisations dans le cadre des entreprises réseaux et/ou pour des secteurs différents de l'entreprise avec des objectifs propres. Par ailleurs, tous les acteurs n'ont pas besoin de la même connaissance et/ou du même niveau de connaissance afin de prendre leurs décisions. Ainsi, nous proposons dans cet article une nouvelle approche pour le retour d'expérience. Notre proposition comprend la mise en place de plusieurs processus de retour d'expérience intégrant différents niveaux de connaissance afin d'être adaptés aux systèmes de décision de l'entreprise. En outre, nous proposons d'intégrer des liens de coopération entre les différents processus de retour d'expérience pour permettre à l'entreprise d'atteindre ses objectifs globaux. Les autres processus de l'entreprise peuvent alors utiliser la connaissance capitalisée et tous les acteurs de l'entreprise peuvent exploiter la connaissance capitalisée. Le processus de retour d'expérience proposé est composé d'activités pour créer et

exploiter la connaissance. Ces activités nécessitent des compétences particulières, ainsi, notre approche doit intégrer une « dimension compétences » afin de pouvoir retrouver les personnes ayant les compétences requises pour réaliser les activités du processus de retour d'expérience. Afin de soutenir notre processus de retour d'expérience, des outils ainsi qu'une organisation adaptée doivent être définis.

Dans la prochaine partie, nous décrivons les aspects hiérarchiques et coopératifs de notre modèle. Puis nous détaillons l'architecture proposée : les principes du modèle hiérarchique et les liens entre les niveaux hiérarchiques sont présentés paragraphe 3.1 ; les relations de coopération entre les processus de retour d'expérience sont décrites paragraphe 3.2. La partie 4 est consacrée à une application de notre modèle au sein de l'entreprise Turbomeca. Pour finir, nous présentons une conclusion et les perspectives de notre travail.

2. Modèle hiérarchique et coopérant

Premièrement, nous avons repris l'approche de [17], c'est-à-dire la décomposition de l'entreprise en plusieurs sous-systèmes appelés « unités opérationnelles ». Le système de production est alors modélisé par un ensemble d'unités opérationnelles coopérantes. Chaque unité opérationnelle a des objectifs spécifiques et est capable d'accomplir des tâches et de réagir aux perturbations d'une manière autonome. Un processus de coopération est nécessaire entre les différentes unités opérationnelles afin d'assurer une cohérence globale des différentes décisions. Dans notre approche, nous prenons en compte les acteurs coopérant dans la structure organisationnelle de l'entreprise ce qui implique une maîtrise et un suivi des différents processus aboutissant à la réalisation d'un produit.

Deuxièmement, les systèmes de décisions hiérarchisés permettent de garantir une coordination progressive des décisions. Nous reprenons ce concept pour notre proposition en considérant plusieurs niveaux de retour d'expérience, chacun adapté à un besoin particulier : un niveau bas où sont utilisées des connaissances spécifiques à un domaine d'application adapté à la prise de décision locale, et un niveau haut où des connaissances indépendantes du domaine sont utilisées pour la prise de décision globale. Les trois niveaux classiques et les types de problèmes abordés sont représentés sur la figure 1 (dans cette figure, on utilise les abréviations suivantes : Evt : Événement – Exp : Expérience - Cs stat : Connaissance statistique Cs exp : Connaissance experte).

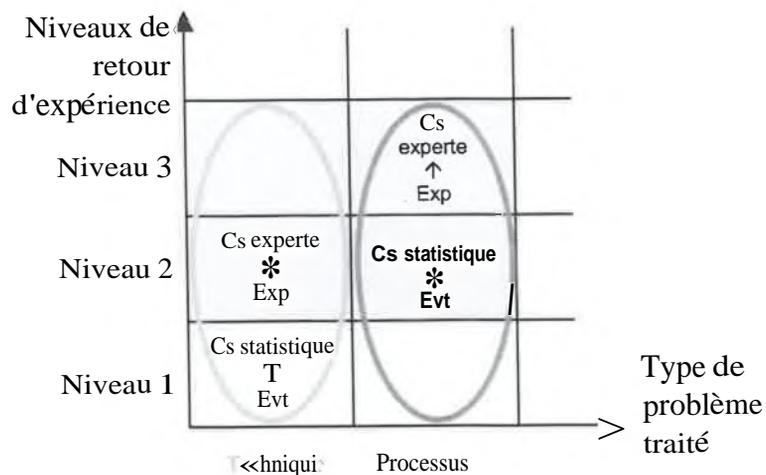


Figure 1 : Structure hiérarchique du retour d'expérience.

L'architecture proposée comporte de manière classique trois niveaux de retour d'expérience et traite deux types de problèmes : des problèmes techniques et des problèmes intervenant sur les processus. Les cycles de retour d'expérience font intervenir la capitalisation d'événements, d'expériences, de connaissances dites « statistiques » et de connaissances dites « expertes ». Ces notions sont précisées paragraphe 3.1.

Considérant une unité opérationnelle avec ses processus et son propre système de décision hiérarchisé, le processus de retour d'expérience permet de créer et de profiter de la connaissance sur la résolution des problèmes spécifiques inhérents à l'unité. La majeure partie du temps, cette connaissance est seulement employée par les acteurs et les décideurs de l'unité afin de résoudre des problèmes spécifiques. Par conséquent, un processus de retour d'expérience est spécifique à une unité opérationnelle. La fonction du processus est de produire de la connaissance en respectant le langage et l'ontologie propres à l'unité. En effet, chacun n'ayant pas les mêmes besoins et n'employant pas le même vocabulaire, la structure du retour d'expérience doit être adaptée pour garder l'expertise de chaque secteur d'une entreprise. Cependant, la connaissance capitalisée par une unité peut être très utile aux acteurs des autres unités afin de résoudre leurs propres problèmes. La possibilité pour l'entreprise de partager sa connaissance locale sur des problèmes spécifiques est très importante. C'est pourquoi nous avons intégré à notre modèle des liens de coopération entre les processus de retour d'expérience. Ainsi, chaque unité peut consulter les autres unités afin de vérifier si une expérience semblable (mais avec un contexte différent) a été capitalisée et (ré)utiliser les savoirs générés à partir de l'expérience. Les acteurs de l'unité dédiée à la conception d'un produit peuvent par exemple avoir besoin d'employer une connaissance capitalisée par les acteurs de l'unité de production afin d'intégrer des

modifications lors des phases de conception. Le partage de la connaissance des différentes unités au moyen de mécanismes de coopération permet au système de générer de nouvelles connaissances. Par conséquent, le système peut être considéré comme un ensemble d'unités opérationnelles capable d'apprendre au moyen d'un processus de coopération. Ainsi la connaissance de l'unité peut être améliorée chaque fois que le processus de coopération est mis en application. La connaissance spécifique à une unité est dérivée non seulement de l'information capitalisée par les différents acteurs de l'unité, mais également par des acteurs d'autres unités opérationnelles. Le processus de coopération permettant le partage de la connaissance entre les unités est présenté paragraphe 3.2. Nous détaillons notre architecture composée de plusieurs processus de retour d'expérience hiérarchiques qui coopèrent à la partie suivante. Pour cela, nous précisons les mécanismes, les éléments ainsi que les ressources tant humaines que matérielles intervenant dans une telle architecture.

3. Détails de l'architecture

3.1 Retour d'expérience hiérarchique

En vue de simplifier la présentation, le système de décision sera divisé en trois niveaux représentés sur la figure 2 avec leur périmètre de décision.

| Niveau | Horizon de décision | Périmètre de décision |
|--------------|---------------------|-----------------------|
| Stratégique | Long terme | Entreprise |
| Tactique | Moyen terme | Ilot |
| Opérationnel | Court terme | Machine |

Figure 2 : Niveaux du système de décision.

A chaque niveau, le besoin en retour d'expérience est différent. Au niveau opérationnel, le cycle de retour d'expérience est de courte durée et traite des problèmes techniques qui ont un faible impact sur le système global. La résolution de problèmes se termine par des actions curatives. A ce niveau, l'information produite est un enregistrement des occurrences d'un événement avec son contexte d'apparition. Et comme à ce niveau, la fréquence d'apparition d'un événement est élevée, la connaissance produite, fondée sur des analyses statistiques, est une connaissance dite « statistique ». Au niveau tactique, le cycle de retour d'expérience a une durée plus importante qu'au niveau opérationnel. Seuls les problèmes ayant un impact sur le comportement du système sont étudiés.

Il peut s'agir par exemple :

- des problèmes techniques observés au niveau opérationnel, d'une part qui arrivent fréquemment avec un degré de gravité faible pour chaque problème pris séparément

et, d'autre part, des problèmes avec un degré de gravité important même si leur occurrence est faible ;

- des problèmes liés aux processus détectés au niveau tactique.

Pour les problèmes techniques, un filtre doit être appliqué aux problèmes traités au niveau opérationnel dans le but de faire ressortir les problèmes devant être traités au niveau tactique. Le but de ce processus est de mieux comprendre les causes d'occurrence des problèmes et de trouver une solution préventive pour éviter que le problème ne se reproduise. En conséquence, un processus d'analyse doit être mis en place. Dans les entreprises, ce processus peut, par exemple, être mis en oeuvre suivant un cycle Plan-Do-Check-Act (PDCA). L'analyse implique des experts et la capitalisation de l'expérience consiste en un enregistrement des échanges entre les experts et des choix pour la résolution des problèmes. L'expérience collectée est plus riche que celle collectée au niveau opérationnel dans la mesure où elle fait intervenir une expertise. En revanche, l'effort pour résoudre le problème est plus important. L'étude de ces expériences permet la création de connaissances issues d'une analyse fine nécessitant l'intervention d'experts, on parle alors de connaissances dite « expertes ». Les actions suggérées sont plutôt dans le domaine préventif. Pour les problèmes liés au processus, la situation est similaire au traitement des problèmes techniques au niveau opérationnel : seuls les problèmes simples concernant les activités du processus sont traités au niveau tactique et leur résolution est principalement curative. Au niveau stratégique, le cycle de retour d'expérience est plus long qu'au niveau tactique. Les problèmes traités sont des problèmes liés aux processus avec une fréquence élevée et/ou un degré de gravité important nécessitant une analyse plus en profondeur et conduisant à l'application de mesures préventives. Il est donc possible de distinguer deux principaux cycles de retour d'expérience dans le système hiérarchique de décision. Le premier est orienté vers une résolution de problèmes techniques et implique principalement les niveaux opérationnel et tactique. Le second cycle est orienté vers une résolution des problèmes intervenant sur les processus et implique essentiellement les niveaux tactiques et stratégiques (figure 3).

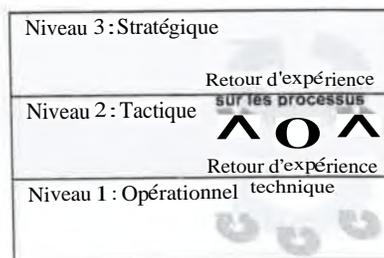


Figure 3 : Processus de retour d'expérience hiérarchique

Entre ces deux cycles majeurs, nous pouvons observer que les problèmes traités dans le cycle de retour d'expérience managérial (concernant les processus) peuvent venir de l'analyse de problèmes techniques. Il est intéressant d'étudier les liens suivants :

- dans chaque cycle de retour d'expérience entre les deux niveaux impliqués dans chaque cycle,
- entre les deux cycles de retour d'expérience.

La figure 4 représente un cycle majeur de retour d'expérience impliquant les niveaux 1 et 2 ou 2 et 3 et un cycle mineur n'impliquant qu'un niveau (le niveau 1 ou 2). Les éléments composants le cycle mineur de retour d'expérience sont les entrées du cycle majeur.

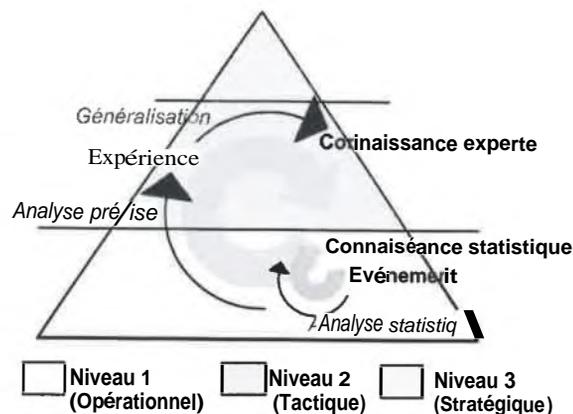


Figure 4 : Cycles de retour d'expérience.

Un autre point intéressant est que la partition peut aider à structurer la coopération entre les différents niveaux hiérarchiques des systèmes de décision. Le retour d'expérience sur les processus a une portée très générale et peut être mise en commun entre plusieurs hiérarchies de décision même si ces hiérarchies ne traitent pas des mêmes problèmes techniques. Le partage de retour d'expérience technique a une portée plus limitée car les connaissances partagées sont liées à un domaine technique spécifique. Il existe cependant des interactions possibles entre les différentes unités opérationnelles portant sur le partage de connaissances techniques. Par exemple, les concepteurs experts peuvent être intéressés par le retour d'expérience des experts en réparation afin d'éviter des conceptions inadéquates (choix de matériaux, technologie, etc.). Ces aspects sont développés au paragraphe suivant, traitant de la coopération entre les processus de retour d'expérience.

3.2 *Coopération entre les processus de retour d'expérience*

3.2.1 Les bénéfices de la coopération

La coopération entre les processus de retour d'expérience permet de considérer d'autres avantages pour le système de production. En effet, la coopération permet notamment :

- au décideur d'avoir une vision complète et globale des problèmes afin de proposer des solutions convenables. En effet, grâce à la coopération, le décideur a la possibilité d'employer la connaissance capitalisée par les autres acteurs et peut ainsi se constituer une vision globale ;
- d'améliorer la connaissance détenue par les acteurs d'une unité opérationnelle en la confrontant aux savoirs des autres unités lors des échanges permis par les liens de coopération ;
- d'améliorer la connaissance d'une unité opérationnelle par l'addition de nouvelles informations issues des autres unités. Un processus d'apprentissage peut être ainsi être mis en place ;
- d'accélérer le processus de résolution de problèmes en réutilisant les expériences capitalisées par les acteurs d'autres unités ;
- de faciliter l'identification des personnes ou des experts compétents pour résoudre les problèmes ;
- et enfin, de participer à l'intégration des différentes unités en favorisant les échanges.

L'architecture proposée permet un partage de connaissances et d'expériences entre les unités opérationnelles selon une relation de type client/serveur. Le processus de coopération proposé entre les unités opérationnelles est une collaboration [13]. Elle permet d'organiser un travail collectif avec un but commun qui peut concerner la résolution de problèmes spécifiques, la réalisation de tâches communes et, d'une manière plus globale, la performance de l'entreprise. La collaboration est une action volontaire faite par les acteurs. Il est essentiel que les différents acteurs souhaitent collaborer. En d'autres termes, si les acteurs ne s'engagent pas dans une démarche de partage de leurs expériences et/ou connaissances, l'architecture proposée est inefficace.

Le processus de coopération doit respecter les différents niveaux de l'architecture hiérarchique présentée paragraphe 3.1. Les liens de coopération, entre deux structures hiérarchiques, correspondant à chaque niveau sont représentés sur la figure 5. Ils sont explicités dans les sections suivantes.

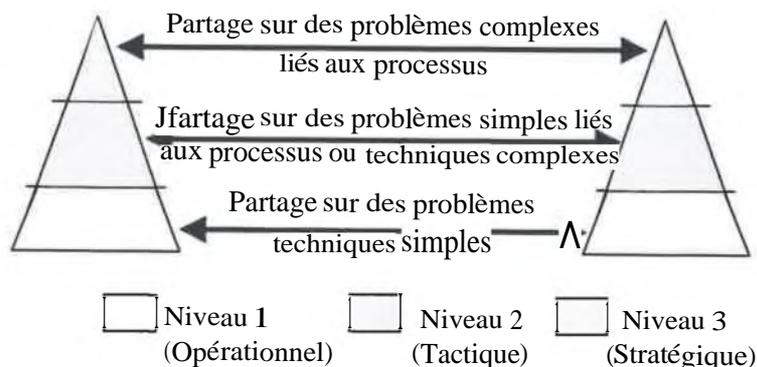


Figure 5 : Niveaux du système de décision.

3.2.2 Processus de coopération au niveau opérationnel

Au niveau opérationnel, le processus de coopération est principalement utilisé pour partager de la connaissance sur des problèmes simples. La connaissance partagée est essentiellement de la connaissance statistique. Par exemple, le temps moyen entre deux pannes d'un composant est une donnée qui peut être calculée à partir du retour d'expérience capitalisé au niveau opérationnel de l'unité opérationnelle « service après-vente » et intéresser les personnes travaillant à la conception. La connaissance générée est issue de la capitalisation d'un nombre important d'événements à caractère technique. La coopération porte sur la connaissance statistique générée et non sur les événements capitalisés.

3.2.3 Processus de coopération au niveau tactique

Au niveau tactique, la coopération peut être envisagée selon deux formes : partager sur des problèmes complexes techniques ou partager sur des problèmes concernant les processus de l'entreprise.

Concernant l'aspect technique, il devient intéressant de partager les expériences et les connaissances pour résoudre des problèmes complexes. Les décideurs ont besoin des causes des différents problèmes pour éviter leur réapparition. Périodiquement, des réunions sont organisées pour exposer les problèmes survenus depuis la dernière réunion. Un événement est traité au niveau tactique soit parce qu'on a pu observer une succession d'événements semblables soit parce que cet événement a un impact important sur l'entreprise. Pour chaque problème, il est nécessaire d'analyser ses causes et ses effets sur les objectifs. Des méthodes existent pour supporter cette analyse comme par exemple les grilles AMDEC (Analyse des Modes de Défaillance, de leurs effets et criticité), les arbres de défaillances ou les arbres des causes. Dans le but de trouver les différentes causes des modes de défaillance, des analyses précises réalisées

par des experts du domaine concernées sont demandées. Ce type d'analyse est très coûteux en temps et nécessite l'intervention d'experts. Aussi, il est intéressant de générer de nouvelles expériences en réutilisant les expériences qui ont été capitalisées par des experts dans d'autres unités opérationnelles. La connaissance capitalisée concerne les conclusions des différentes analyses réalisées. Des règles et recommandations sont générées à partir des expériences. Il est souvent nécessaire d'adapter les conclusions si le contexte n'est pas exactement le même. Dans ce cas, des méthodes comme le raisonnement à partir de cas [16], [18] peuvent être utilisées. L'objectif de ce type de démarche outre la génération d'une base d'expériences, est de générer des connaissances concernant les problèmes traités. Ces connaissances peuvent concerner, par exemple, la création d'un plan de maintenance préventive en réponse à une succession de défaillances sur un équipement (cf. §5).

Concernant la coopération à propos de problèmes intervenant sur les processus de l'entreprise, elle est analogue à celle intervenant au niveau opérationnel sur des problèmes techniques (cf. §3.2.2). C'est essentiellement, la connaissance statistique issue de l'étude d'événements relatifs à des problèmes simples sur les processus qui est partagée entre les acteurs. Par ailleurs, nous pouvons noter que cette démarche doit permettre de participer à l'intégration car les processus sont transversaux.

3.2.4 Processus de coopération au niveau stratégique

Au niveau stratégique, le processus de coopération permet de partager des connaissances « experte » et des expériences sur des problèmes liés aux processus. La définition de la stratégie de l'entreprise nécessite une complète collaboration de tous les acteurs. A ce niveau, la coopération permet d'apporter des éléments pour la prise de décisions ayant un impact sur le long terme. Les décideurs peuvent prendre des décisions en considérant les expériences et la connaissance capitalisée. Les règles et recommandations élaborées par les unités opérationnelles dans le but de développer leur propre stratégie peuvent être partagées. Ce processus de coopération permet aux grands décideurs de prendre des décisions stratégiques avec un objectif commun de performance de l'entreprise.

3.2.5 Processus de coopération générique

En suivant les niveaux hiérarchiques, il est possible de partager des événements (description, contexte, problème...), des expériences (solutions, cas, scénarii, etc.) ou des connaissances (règles, recommandations, etc.). Le processus de coopération est un processus de collaboration basé sur une architecture client/serveur. Si un problème n'est pas connu dans une unité opérationnelle, il est nécessaire d'envoyer une requête pour décrire le problème et de permettre aux acteurs des autres unités opérationnelles de proposer une réponse. Cette requête peut concerner un besoin en compétences ou en connaissances formalisées.

Si une expertise est nécessaire (niveau 2), une requête au sujet des compétences requises pour l'expertise est envoyée aux autres unités opérationnelles. L'architecture proposée est fondée sur l'hypothèse que chaque unité opérationnelle, lorsqu'elle reçoit une requête, va proposer une réponse dans un court délai. Sur la base du management des compétences humaines, les « bons » experts avec les « bonnes » compétences sont choisis pour participer à une réunion et proposer une analyse et des solutions au problème.

Si des connaissances ou des expériences sont nécessaires (niveaux 1 à 3), les requêtes explicites sont envoyées aux autres unités opérationnelles. Dans le but de supporter ce processus, une ontologie [14] décrivant le contexte du problème peut être utilisée. L'ontologie correspond à une définition consensuelle des concepts du domaine abordé. Le contenu de la requête est ainsi compréhensible par les acteurs recevant la requête. Un modèle d'ontologie peut faciliter l'analyse et la représentation des processus afin d'éviter toute ambiguïté. L'ontologie telle que proposée ici demeure pour l'instant de l'ordre du vocabulaire conceptuel. Elle peut être vue comme une description d'un contexte et du vocabulaire associé afin d'éviter les incompréhensions.

Au niveau opérationnel, le contenu de la requête est simple car le savoir à partager l'est aussi. Par exemple, la requête peut être : « Nous avons besoin du MTBF de la pièce X du produit Y » ; la réponse contient uniquement le MTBF demandé s'il est disponible.

Aux niveaux tactique et stratégique, l'ontologie est nécessaire pour permettre à celui qui reçoit la requête de la comprendre. En considérant un problème particulier à résoudre (technique ou managérial), il faut tout d'abord vérifier si une expérience concernant ce problème n'a pas été capitalisée. Si c'est le cas, la solution associée et mémorisée peut être mise en œuvre (par exemple mettre en œuvre une procédure de maintenance corrective sur un équipement). Si aucun savoir n'est disponible, une requête peut être envoyée aux autres unités en utilisant l'ontologie pour une description compréhensible du problème. La requête peut être : une question au sujet d'un problème ou un besoin en compétence d'experts. Si la hiérarchie de décision est capable de donner une réponse au problème, une proposition est envoyée, laquelle doit être adaptée, révisée, mise en œuvre et finalement capitalisée, générant ainsi une nouvelle expérience. Selon les mêmes principes, la réunion d'un groupe de travail chargé de définir des règles ou des recommandations en analysant les expériences passées peut consulter des experts d'autres domaines afin de s'aider dans sa démarche de génération de connaissances.

4. Application

4.2 Contexte de l'application

Turbomeca est une entreprise spécialisée dans la conception, la production et le support des opérateurs de moteurs d'hélicoptères. C'est un domaine complexe aéronautique avec ses exigences de fiabilité. Dans ce contexte de haut niveau de technicité sur un produit critique, Turbomeca a décidé d'améliorer la maîtrise de ses connaissances. Plusieurs initiatives locales de gestion des connaissances sont en cours de mise en place. Les secteurs majeurs de l'entreprise sont concernés : la conception, la production et le support. Nous proposons un processus de retour d'expérience impliquant les trois secteurs précédemment cités. Ce choix a été motivé par le cycle de vie du produit. Notons qu'à Turbomeca, la conception et la production sont en grande partie localisées sur un même site alors que l'activité support est distribuée sur plusieurs sites à travers le monde, ce qui rend la capitalisation et le traitement des expériences difficiles.

4.2 Application

4.2.1 Application concernant trois secteurs de l'entreprise Turbomeca

L'organisation de Turbomeca est orientée processus. Une telle organisation implique des échanges aussi bien horizontaux (coopération) que verticaux (hiérarchique). Nous proposons d'appliquer notre modèle de retour d'expérience aux secteurs de l'entreprise Turbomeca suivants : la Conception, la Production et le Support (figure 6).

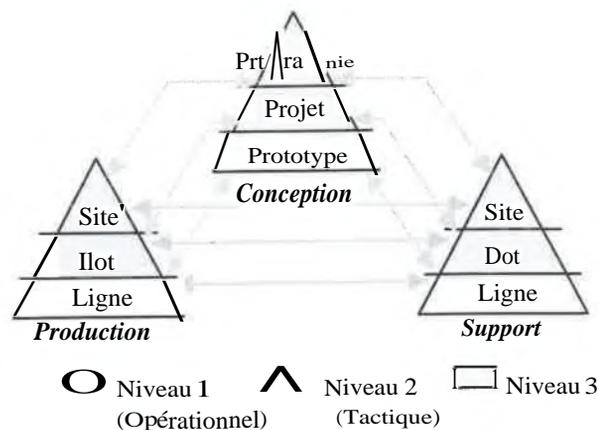


Figure 6 : Implémentation du modèle de retour d'expérience hiérarchique coopérant à Turbomeca.

Pour la Conception, nous pouvons distinguer trois niveaux principaux : le niveau prototype (correspondant à un produit), le niveau projet et le niveau programme. Pour la

Production, il y a aussi trois niveaux : le niveau ligne (ressource spécialisée), le niveau îlot (ensemble de lignes) et le niveau site (ensemble d'îlots). Pour le Support, nous avons trouvé les mêmes niveaux que pour la production. Les processus sont définis au niveau 3, leur gestion est organisée au niveau 2 et la mise en application est réalisée au niveau 1.

Au niveau 1 (opérationnel), nous capitalisons de l'information technique issue des lignes de production et de réparation ou des tests réalisés lors des phases de prototypage. Au niveau 2 (tactique), nous capitalisons des problèmes techniques complexes ainsi que leur analyse et de l'information sur la gestion des processus. La sélection des problèmes et les analyses sont réalisées par les équipes des îlots ou des projets. Au niveau 3 (stratégique), nous capitalisons des problèmes complexes concernant les processus et leurs analyses. La réflexion est faite au niveau des sites de production, de réparation et des programmes pour élaborer des recommandations stratégiques.

Cette structure impose la création de bases de données pour capitaliser les données caractérisant les cas simples, de bases de connaissances pour capitaliser les expériences et les connaissances générées et d'outils pour exploiter ces bases. Par ailleurs, il faut prévoir la mise en place d'une organisation composée de commissions dédiées au partage des résultats, à l'interprétation des analyses, à l'élaboration de règles et recommandations et à leur diffusion.

Ensuite, nous avons proposé une instantiation du processus de retour d'expérience pour le Support et des liens entre ce processus avec les autres unités opérationnelles car, comme nous l'avons souligné paragraphe 4.1, l'activité Support est distribuée sur plusieurs sites à travers le monde, ce qui rend la capitalisation et le traitement des expériences difficile et nécessite donc une réflexion particulière afin de préciser les mécanismes et les données manipulés par le processus de retour d'expérience dans un environnement distribué.

4.2.2 Application concernant le secteur Support de l'entreprise Turbomeca

Le processus de retour d'expérience du support doit fournir des éléments permettant notamment :

- de mesurer l'impact logistique et économique du référentiel technique d'entretien ;
- de réaliser des notes de justifications techniques, logistiques et économiques d'analyses support sur le comportement des moteurs en service ;
- d'aider la Conception à prendre en compte les expériences du Support lors de la conception de nouveaux moteurs ;
- d'adapter la stratégie Support.

Pour le moment, nous n'avons traité que de la boucle de retour d'expérience technique. Pour des raisons de confidentialité, nous ne présenterons dans cet article que les mécanismes généraux régissant le processus de retour d'expérience (figure 7).

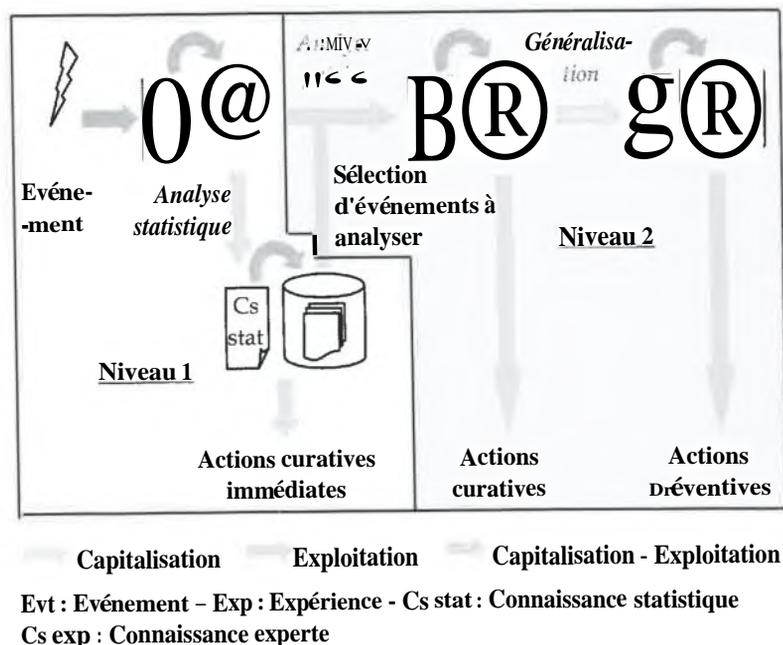


Figure 7 : Boucles de retour d'expérience technique du secteur support de Turbomeca.

Par exemple, pour un élément X du moteur, l'analyse statistique peut aboutir à un taux de défaillance élevé pour une flotte donnée et, dans un premier temps, à une connaissance statistique indiquant qu'il faut prévoir une surveillance étroite de ce composant et donc une modification du plan de maintenance. Puis, dans un second temps, une analyse approfondie peut être menée et aboutir à la conclusion que l'environnement de vol est la cause principale de la défaillance. La connaissance acquise concerne alors le comportement de l'élément X considéré dans un environnement particulier et les solutions pour éviter que le problème ne se reproduise.

Les données d'entrée pour les niveaux 1 et 2 du processus de retour d'expérience sont les suivantes :

- niveau 1 : information pour obtenir les données standard (ex : coût, temps pour réaliser des tâches d'entretien)
- niveau 2 : analyses avec une approche PDCA des problèmes sélectionnés et solutions trouvées permettant d'éviter que ce problème ne se répète, l'objectif est de proposer des recommandations techniques.

Les données standard capitalisées au niveau 1 doivent interagir avec les éléments du référentiel technique d'entretien à savoir des tâches d'entretien liées aux produits sur lesquels elles s'appliquent. Sur la figure 8, nous avons illustré l'intégration des données du retour d'expérience niveau 1 au référentiel technique d'entretien.

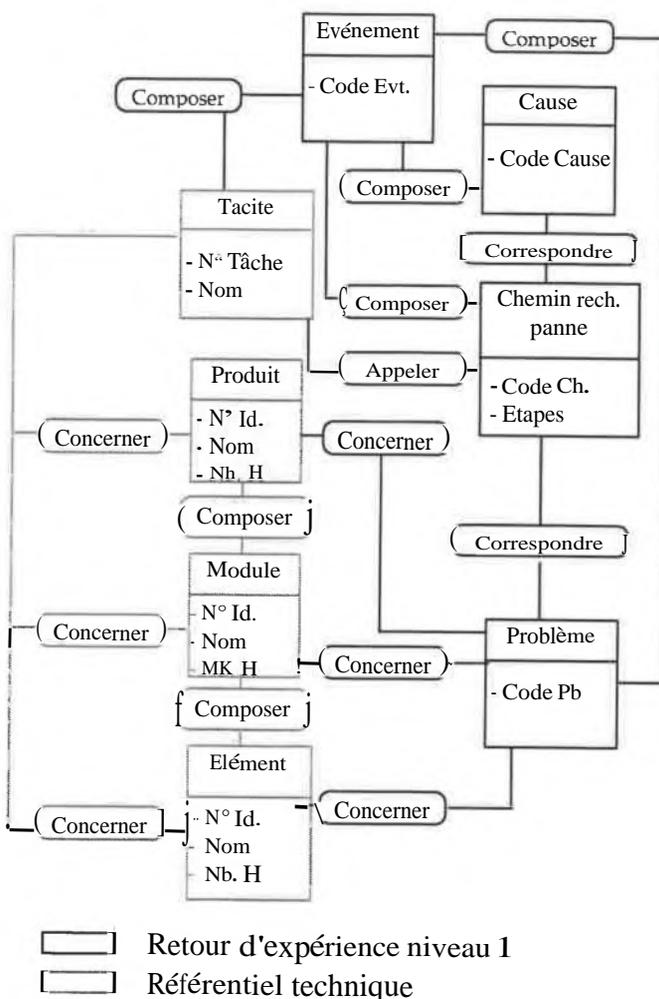


Figure 8 : Intégration des données du retour d'expérience niveau 1 au référentiel technique d'entretien.

Précisons qu'il faudra rajouter, dans le cadre du retour d'expérience, aux tâches d'entretien du référentiel technique d'entretien concernant les niveaux de maintenance 1, 2 et 3 (maintenance réalisé sur champ ou en station service) des tâches de remise en état correspondant aux réparations traitées en maintenance niveau 4 (maintenance réalisée en ateliers de réparation spécialisés). Le chemin de recherche de panne est extrait d'un arbre global

de recherche de panne, il contient les différentes étapes permettant de faire correspondre les causes à un problème donné.

Les connaissances générées en sortie pour les niveaux 1 et 2 du processus de retour d'expérience sont les suivantes :

- niveau 1 : recommandations formulées sur la base d'informations statistiques. Par exemple, le calcul du taux de défaillance de deux produits identiques hormis le matériau peut permettre de faire une recommandation concernant le matériau à privilégier lors de la conception du produit en question.
- niveau 2 : recommandations techniques sur la base d'analyses avec une approche PDCA de problèmes sélectionnés et solutions trouvées permettant d'éviter que ce problème ne se répète.

D'un autre côté, nous avons proposé un processus de coopération. Au niveau opérationnel, la coopération concerne le partage des données standard, c'est-à-dire, le résultat d'une analyse statistique. Par exemple une personne travaillant sur une ligne de réparation peut envoyer une requête pour demander le coût moyen de production aux personnes travaillant sur les lignes de l'unité opérationnelle de production. Au niveau tactique, la coopération est principalement axée sur le partage de recommandations techniques. Par exemple, une personne travaillant sur un projet en conception peut envoyer une requête aux personnes travaillant dans les îlots du secteur support demandant : « Quelles sont les recommandations issues de l'analyse des principaux endommagements concernant le produit X dans un contexte Y ».

5. Conclusion et perspectives

Nous venons de voir les liens permettant le partage de données techniques entre les niveaux 1 et 2. Il serait intéressant de poursuivre notre réflexion en s'intéressant aux problèmes concernant les processus ; car ils pourront être partagés par les acteurs de tous les secteurs vu qu'ils sont liés aux processus, qu'ils sont transverses, et qu'ils n'intègrent pas d'aspect technologique (facteur limitatif pour le partage). Par ailleurs, nous avons surtout traité la phase d'exploitation du processus de retour d'expérience par l'utilisation de supports de connaissance ; il serait intéressant d'approfondir la voie concernant la réutilisation par la recherche directe de la personne détenant l'expertise qui est une voie complémentaire à celle développée.

Nous avons proposé, dans cet article, une architecture fondée sur des processus de retour d'expérience multi-niveaux coopérant entre eux adaptée aux entreprises étendues. Nous avons distingué deux sortes de processus de retour d'expérience : un retour d'expérience technique et

un autre managérial. Nous prenons en compte différents niveaux de connaissance suivant la structure de décision de l'entreprise et nous précisons les liens entre les différents processus de retour d'expérience principalement fondés sur une méthode de coopération. Pour illustrer notre architecture de processus de retour d'expérience coopérant, nous avons proposé une application réalisée à Turbomeca.

Notre réflexion, fondée sur une expérience concrète, est encore à un stade préliminaire et nécessite d'autres développements. Le premier axe de développement est la définition d'un environnement collaboratif dédié au retour d'expérience et facilement personnalisable dans le but d'appliquer la trame proposée à des situations spécifiques. Cet environnement devrait permettre la capitalisation des expériences et leur diffusion dans l'entreprise mais aussi la discussion directe entre experts quand cela est nécessaire. Dans ce contexte, un système multi-agent pourrait être une voie intéressante pour supporter l'implémentation.

Un autre point clé concerne la définition d'une méthodologie pour l'implémentation de tels systèmes. En effet, les processus de retour d'expérience sont lourds à implémenter et une méthodologie structurée est nécessaire pour guider leur implémentation. La trame proposée peut être utilisée un point d'entrée dans l'élaboration d'une telle méthodologie. Le dernier axe de travail est la confrontation de notre trame à d'autres systèmes socio-techniques complexes.

6. Bibliographie

- [1] D.W. Aha, R. Weber, I. Beccerra-Fernandez, Intelligent lessons learned systems, *International Journal of Expert Systems Research & Applications*, Vol. 20, No 1, 2001.
- [2] R. Bergmann, I. Vollrath, Generalized cases: representation and steps towards efficient similarity assessment, In W. Burgard, T. Christaller and A. B. Cremers (Eds.), *KI-99: Advances in Artificial Intelligence*, LNAI 1701, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 1999.
- [3] R. Bergmann, *Experience Management*, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2002.
- [4] J. Bickford, Sharing lessons learned in the Department of Energy, AAA-00, *Intelligent Lessons learned Systems Workshop*, Austin, Texas, USA, July, 31, 2000.
- [5] M. Corso, A. Martini, L. Pellegrini, S. Massa, S. Testa, Managing dispersed workers: the new challenge in Knowledge Management, *Technovation*, 2006
- [6] B. Courville, Prévention et retour d'expérience à Air France, *Congrès SFIMAR*, Lille, France, October 06-07, 2000.
- [7] S. Delaître, A. Mille, S. Moisan, Instrumentation d'un processus de retour d'expérience pour la gestion des risques, *IC 2000, Journées francophones d'ingénierie des Connaissances de Toulouse*, May 10-12, 2000.
- [8] R. Dieng, O. Corby, A. Giboin, M. Ribière, Methods and tools for corporate knowledge management, *Int. J. Human Studies*, 1999.

- [9] L. Edvinsson, M. S. Maloué, *Intellectual capital*, Harper Business, 1997.
- [10] N. Dupuis-Hepner, *Les hommes et la mémoire vive de l'entreprise*, L'Art du Management de l'Information, dossier n°6, supplément gratuit du 5-6 novembre Les Echos, 1999.
- [11] M. Duribreux, P. Caulier, B. Houriez, *Application industrielle d'une approche mixte de modélisation des connaissances*, In J. Charlet, M. Zacklad, G. Kassel Et D. Bourigault (eds.) (Ed.), *Ingénierie des connaissances : évolutions récentes et nouveaux défis*, Eyrolles et France Télécom R&D, Paris, France, 2000.
- [12] A. Faure., G. Bisson., *Modelling the Experience Feedback Loop to improve Knowledge Base reuse in industrial environment*, KAW'99, 12th Workshop on Knowledge Acquisition Modelling and Management, 1999.
- [13] J. Ferber, *Multi-Agent System: An Introduction to Distributed Artificial Intelligence*, Eds: Harlow: Addison Wesley Longman, 1999.
- [14] N. Guarino, P. Giaretta, *Ontologies and knowledge bases: Towards a terminological clarification*. In *Towards very large knowledge bases: Knowledge building and knowledge sharing*, pp. 25-32., IOS Press, 1995.
- [15] D. Kolb, *Experiential learning: experience as the source of learning and development*, Englewood cliffs, Prentice Hall, New Jersey, 1984.
- [16] J. Kolodner, *Case-Based Reasoning*, Morgan Kaufmann Publishers INC, 1993.
- [17] P. Pernelle, A. Courtois, *Formalisation des structures organisationnelles pour le partage des informations techniques dans les entreprises industrielles*, " MOSIM'01, 3e Conférence Francophone de Modélisation et SIMulation "Conception, Analyse et Gestion des Systèmes Industriels, Troyes, 2001
- [18] I. Watson, *Applying Case-Based Reasoning: Techniques for Enterprise Systems*, Morgan Kaufmann Publishers, 1997.
- [19] B. Wielinga, A. Schreiber, J. Breuke, *KADS: A Modelling Approach to Knowledge Engineering. Knowledge Acquisition*, Special issue "The KADS Approach to Knowledge Engineering", p. 5-53 4, 1, 1992. Acharaya S., 2002, *Asset management*, John Wiley and Sons.