

INGENIERIE TRANSDISCIPLINAIRE DES RETOURS D'EXPERIENCE : VERS UN SYSTEME INTEGRE ET COHERENT*

Bernard Michaud**

Résumé. - Notre industrie occidentale se retrouve maintenant dans une logique d'équivalence du point de vue de la compétitivité, capacité de production et maîtrise de la qualité. Mais les mutations en cours telles que le passage d'un marché de consommation à un marché d'usage, l'évolution des perturbations du risque à la dangerosité, la complexification des échanges...changent les règles du jeu de l'entreprise et impliquent une évolution de nos modes de pensée. Savoir fabriquer la variété à un coût de masse, savoir maintenir la finalité de l'entreprise quelles que soient les perturbations de son environnement est le véritable challenge des années à venir. L'ingénierie transdisciplinaire des retours d'expérience propose non pas une solution mais une autre manière d'aborder les problématiques afin de redonner un sens à l'intelligence et aux savoirs des hommes, à la décision, à l'innovation...

Mots-clés : transdisciplinarité, système intégré, modularité, capitalisation, confrontation, expérience, cas d'espèce

1. Introduction

A l'inverse d'une idée répandue qui considère que puisque tout change, il faut oublier le passé, nous allons essayer de développer la thèse opposée. Cette thèse repose sur le bon sens: par exemple lorsque vous parcourez un sentier de montagne par un intense brouillard vous n'avez pas le même comportement si vous connaissez les lieux ou si vous les découvrez.

Si vous connaissez les lieux vous allez essayer de faire appel à votre mémoire afin de prévoir les obstacles alors que si vous ne connaissez pas les lieux vous évoluerez à tâtons pendant tout le parcours. Les dangers ne sont pas moindres dans un cas ou dans l'autre, ce

* Extrait de l'ouvrage "A la recherche de finalités fédératrices", Avril 97, éditions Isac, B. Michaud

** Consultant-chercheur, société ISAC, CITP de Palaiseau

que l'on peut dire, c'est que vous vous sentez plus en sécurité dans le premier cas, c'est-à-dire plus en confiance et donc plus apte à prendre une décision.

Le moins que l'on puisse dire, c'est que l'environnement économique actuel est brumeux; nous sommes dans un mouvement international de restructuration de l'économie, et, s'il est vrai que la planification stratégique est un modèle dépassé la stratégie d'opportunité qui l'a remplacée est d'autant plus efficace qu'elle est mise en place par des hommes avertis.

Les quelques lignes introductrices de cet article résument la difficulté des hommes à décider en situation complexe, ou sans repère; notre mode de pensée déterministe, de type arborescence de décision, ne laisse pas de place à la pensée complexe, à l'improvisation raisonnée, car ce n'est pas parce que l'on ne sait pas toujours apporter ses preuves que l'on n'a pas une vision claire et juste des choses.

A quoi sert un retour d'expérience sinon à minimiser l'incertitude de décision en se référant aux des situations les plus ressemblantes, c'est-à-dire à réfléchir non pas à partir de modèles explicatifs et extrapolatoires mais à partir de modèles conceptuels et exploratoires. Quant à la décision, elle doit être vue comme un interface entre la réflexion et l'action, un changement de phase en quelque sorte, mais comme pour le domaine des composants physiques, le changement de phase ne peut s'effectuer qu'à certaines conditions d'environnement. C'est certainement à ce niveau que se situe la mémoire ou le référentiel de décisions.

Actuellement nous passons d'une pensée cognitiviste qui considère que la connaissance explique tout, sans prendre en compte le fait que notre ignorance est encore trop grande pour tout expliquer, à une pensée connexionniste qui met les relations entre les connaissances à plus haut niveaux que la connaissance elle-même. Il y a trois aspects à prendre en compte dans un modèle décisionnel :

- L'aspect cognitiviste, sur quelles connaissances fonder une preuve,
- L'aspect connexionniste , sur quelles relations entre connaissances fonder un raisonnement,
- L'aspect évolutionniste, sur quel principe maintenir la finalité quelles que soient les exigences.

En clair si vous n'avez pas une certaine vision des choses, qu'elle soit bonne ou mauvaise peu importe, vous ne pouvez pas avoir de point de vue et vous ne savez pas décider. Il n'y a pas de bonne ou de mauvaise décision en situations complexes tout simplement parce que nous ne connaissons pas la réalité des choses mais ne percevons que son image et que toute décision interférera d'une manière ou d'une autre sur cette réalité, ce qui biaise tout jugement sur l'analyse a posteriori de la pertinence de la décision.

Peut-on apporter une réponse à la création d'une mémoire d'entreprise ou d'un référentiel qui permettent d'orienter les réflexions, de catalyser les décisions et de valider les actions en essayant de répondre à nos quatre questions habituelles des pourquoi ?, pour quoi faire ?, quand ? et comment ? du retour d'expérience.

2. Pourquoi le retour d'expérience ?

Pour se poser la question du pourquoi il faut se poser la question de la finalité d'un retour d'expérience. Le retour d'expérience est une manière de confronter la confiance en nos modèles à notre perception de la réalité. En clair le système intégré de retour d'expérience doit permettre de comparer, donc de mesurer l'écart entre deux notions floues résultantes de nos modèles prédictifs, de nos modèles d'observation et de nos modèles mentaux. Quant à la vérité et à la certitude de nos modèles de prédiction et d'observation, il n'y a que les modélisateurs pour y croire, tout ce que l'on peut dire c'est que plus on s'écarte des relations strictement physiques et plus l'interprétation de l'écart va être subjective.

Il est donc avant tout nécessaire de savoir poser clairement et globalement les problématiques afin de les résoudre ponctuellement et de manière cohérente (ingénierie de résolution).

Ces analyses doivent reposer sur une approche transdisciplinaire [1] car la réalité est à la fois économique, technologique, organisationnelle, humaine.. et que nous ne pouvons plus, pour les systèmes complexes, nous contenter des méthodes d'analyse par domaine en partant de l'hypothèse de toutes choses égales par ailleurs.

Cette approche intégrée est une condition nécessaire pour répondre à la réalité des choses qui se moque de nos organisations colbertistes et tayloriennes qui n'ont eu pour objet que de diviser au détriment de la cohérence et du sens.

La recherche des éléments d'information les plus pertinents, leurs interrelations et leurs dynamiques qui permettent de prédire l'évolution d'une situation complexe et donc d'en tirer des scénarios de décisions, permet de faire une analyse critique des systèmes existants dont l'ingénierie aura pour objet d'améliorer la pertinence actuelle et de prévoir l'évolution. Voici une synthèse des principaux problèmes rencontrés :

- Les enquêtes de retour d'incidents sont réalisées à partir de questionnaires fermés établis une fois pour toutes depuis des années sans se soucier de l'évolution de la nature des choses. La conséquence évidente est que l'information recueillie n'est pas significative et qu'il faudra donc trouver un subtil mélange entre le questionnaire fermé (pour améliorer les qualités de prédiction) et le questionnaire ouvert (pour rechercher des émergences).
- Les variables d'entrées issues des enquêtes sont sous une forme alphanumérique et souvent plus simplement quantitative, le textuel n'est pratiquement jamais traité. On a l'impression que l'information du retour d'expérience a été définie en fonction de la possibilité de traitement des outils statistiques. De plus il y a une trop grande multiplicité et variété d'informations primaires qui cachent la structure et rendent impossibles les synthèses.
- Le traitement des données manquantes s'effectue par traitement statistique sur chaque variable alors qu'il faut travailler par cas de référence c'est-à-dire rechercher les événements les plus ressemblants et prédire la valeur manquante par rapport à cet échantillon.
- En général, le retour d'expérience ne sert qu'à confronter les modèles analytiques à la réalité mais pratiquement jamais de partir des faits pour établir des règles de

comportement, des cas d'espèces ou des cas de références. Les conséquences en sont évidentes, le retour d'expérience est fait pour confirmer les modèles et non pas pour les confronter, le système travaille en autoréférencement.

- Les facteurs humains [2] sont analysés de manière négative, c'est-à-dire que l'on ne répertorie que l'événement qui a créé l'incident et jamais l'action positive de l'homme qui pourtant sert d'expérience et de références.
- Les systèmes techniques ne sont pas correctement structurés, ce qui signifie qu'une action corrective peut dégrader le fonctionnement du système. La structuration des systèmes et organisations est un élément important d'une étude de retour d'expérience.

En clair on sent qu'il manque une démarche formelle de spécification du retour d'expérience qui permet de maîtriser le cycle observation-interprétation, modélisation-confrontation et mémorisation-capitalisation.

3. Le retour d'expérience, pour quoi faire ?

L'ingénierie, dont nous avons parlé, va donc avoir pour but de mettre en cohérence, pour une exigence de certitude de décision donnée, les modèles, les méthodes et les outils du cycle d'observation-interprétation, modélisation-confrontation et de mémorisation-capitalisation nécessaires à un retour d'expérience quelle que soit la nature des perturbations.

Le retour d'expérience aura donc pour objet de recueillir, organiser, modéliser, maintenir un ensemble cohérent et pertinent d'information afin de minimiser l'incertitude de décision ainsi que de définir et mettre en oeuvre des actions de correction, de prévention et de précaution liées aux différentes natures de perturbations s'appliquant sur le système ou l'organisation étudiés.

Un système intégré de retour d'expérience doit permettre de maîtriser et de mettre en cohérence les trois niveaux conceptuels [3] qui le constituent :

3.1 *L'observation-interprétation*

L'observation n'est pas neutre sur le système observé, et de la qualité de la fonction d'observation dépendra la pertinence du retour d'expérience.

- Comment structurer l'observation et le système observé et quels sont les faits à observer ?
- Comment donner un sens à l'information à recueillir et quelle est sa nature ?
- Comment organiser et définir les outils (interview, questionnaire..) ?

L'interprétation doit se faire à partir de points de vue différents, elle a pour objet de structurer les résultats d'observation par typologies ou classes de comportement.

- Quelle est l'information strictement nécessaire et suffisante à recueillir ?
- Comment interpréter les profils comportementaux des typologies ?
- Comment détecter les émergences et analyser les migrations ?

3.2 *La modélisation-confrontation*

La modélisation ne signifie pas modèle, c'est à dire que l'intervalle de confiance lié aux résultats va permettre de classer la qualité de prédiction en modèle, cas de référence ou d'espèces.

- Comment définir les variables explicatives et les règles pour l'établissement d'un modèle ?
- Comment définir des cas de référence ou d'espèces permettant d'initialiser une modélisation ?
- Comment constituer une base d'expérience et de connaissance issue de l'observation des faits et des règles d'experts ?

Un modèle aussi bon soit-il doit être perpétuellement confronté à notre perception de la réalité afin de le faire évoluer, ou de limiter son champ d'application, ou de le réfuter.

- Comment organiser la confrontation sans être en autoréférencement ?
- Comment passer des cas d'espèces, aux cas de références et aux modèles ?
- Comment mesurer l'impact des actions correctives sur la migration des perturbations ?

3.3 *La mémorisation-capitalisation*

La mémorisation concerne l'information de retour d'expériences issue de renseignements d'observation, elle constitue la base d'expérience ou la base de cas,.

- Comment organiser la base de telle sorte que l'on puisse faire de l'investigation par question de novices ?
- Quel outil d'analyse (statistique, data mining) choisir en fonction de la nature et de la structure des informations ?
- Comment lier des informations d'observation de faits et de contextes de natures différentes... ?

La capitalisation concerne l'information de connaissance issues des règles ou de variables explicatives de comportement, elle constitue la base de connaissances,

- Comment passer des renseignements à la connaissances, de l'observation à la compréhension et comment associer les règles d'expert de l'analyse des faits ?
- Comment organiser de manière dynamique les liens entre les connaissances pour expliquer les comportements complexes, les interférences ?
- Comment et quand faire évoluer les règles et les liens, à partir de quel seuil d'incertitude de prédiction ?

La réponse à ces quelques questions nous semble fondamentale pour répondre à la problématique d'un système cohérent de retour d'expérience et à la constitution d'un référentiel de décisions. En entreprise cette cohérence est rarement assurée, ce qui aboutit à des retours d'expérience inexploitable et d'ailleurs inexploités.

En plus de ces fonctions de base, le retour d'expérience doit convenir à différentes natures de perturbations [3].

- Le domaine des défaillances, pour lequel il existe des relations causales simples qui permettent d'établir des modèles explicatifs et prédictifs et des actions de correction et de prévention. Le retour d'expérience aura pour objet de vérifier l'adéquation des modèles à la réalité des choses, de valider les actions correctives et de suivre leurs effets,
- Le domaine du risque, pour lequel il existe des relations causales complexes et variées, mais compréhensibles et formalisables, qui permettent seulement d'établir des cas de références et des procédures de défense. Le retour d'expérience permettra d'établir des typologies, de constituer des cas de références et d'analyser les migrations,
- Le domaine de la dangerosité, pour lequel il n'existe pas de relation causale directement compréhensible, c'est le domaine de l'inconnu pour lequel on ne peut travailler que par cas d'espèces, probabilités de scénarios et typologies de vulnérabilité. Le retour d'expérience permettra de détecter les perturbations émergentes, de constituer des cas d'espèces et des stratégies d'investigation.

La plupart des retours d'expérience ne concernent que le domaine des défaillances techniques, alors que les perturbations ont changé de domaine d'appartenance en passant du domaine des défaillances à la dangerosité. De plus ils ne prennent pas en compte les facteurs humains ou les considèrent au même titre que les défaillances techniques en mettant un lambda-mu sur chaque homme, ce qui me semble être une erreur.

4. Quand un retour d'expérience ?

Partons toujours de notre expérience et du pourquoi il est difficile de tenir compte de manière efficace d'un retour d'expérience et d'entreprendre des actions de correction, de prévention et de précaution. C'est tout simplement parce que les systèmes n'ont pas été prévus pour évoluer par partie.

En clair ce qui change fondamentalement en conception système c'est que dans le passé un système ne subissait que quelques évolutions fonctionnelles durant son exploitation alors que maintenant non seulement il subit des adaptations fonctionnelles dues aux contraintes d'exploitation mais aussi et surtout il est dans un contexte beaucoup plus perturbé avec des exigences de sécurité de plus en plus draconiennes.

Un système de retour d'expérience efficace doit donc être prévu dès les spécifications du système technique auquel il se rapporte, en se posant la question essentielle suivante : "comment spécifier et concevoir de manière modulaire de telle sorte que chaque module puisse évoluer sans remettre en cause la structure de l'ensemble". C'est la notion de "cybernétum" introduite précédemment qui me semble fondamentale à la fois pour donner un sens à l'information recueillie et permettre des actions correctives et préventives efficaces. Les passeurs d'ordres et les constructeurs ont encore du travail à faire, notamment en ce qui concerne l'informatique.

Pour répondre au quand, c'est toujours, notamment pour les systèmes à cycle de vie long ou en environnement sécuritaire contraignant. Il faut commencer par les spécifications qui devraient imposer une mémoire de développement en partant du principe qu'avant d'être objet exploitable le système a été objet conceptuel et que les dysfonctionnements majeurs prennent souvent leur source à la conception.

5. Comment faire un retour d'expérience ?

En premier lieu il y a toute une sensibilisation à effectuer afin de faire prendre conscience de l'intérêt d'un retour d'expérience efficace, non pas en présentant des modèles tout faits, mais bien par une démarche transdisciplinaire d'analyse de problématique et d'ingénierie de résolution.

La phase de sensibilisation et de préparation à l'acceptation du projet doit s'appuyer sur des réunions de travail collectif. C'est la phase de recherche de finalités fédératrices (c'est à-dire quelles finalités vont faire évoluer le système) qui doit être conduite par une démarche de sécurité intégrée. L'approche sécurité a pour intérêt d'être centrée sur l'homme et s'avère être fédératrice d'un ensemble de points de vue économiques, technologiques, humains en permettant :

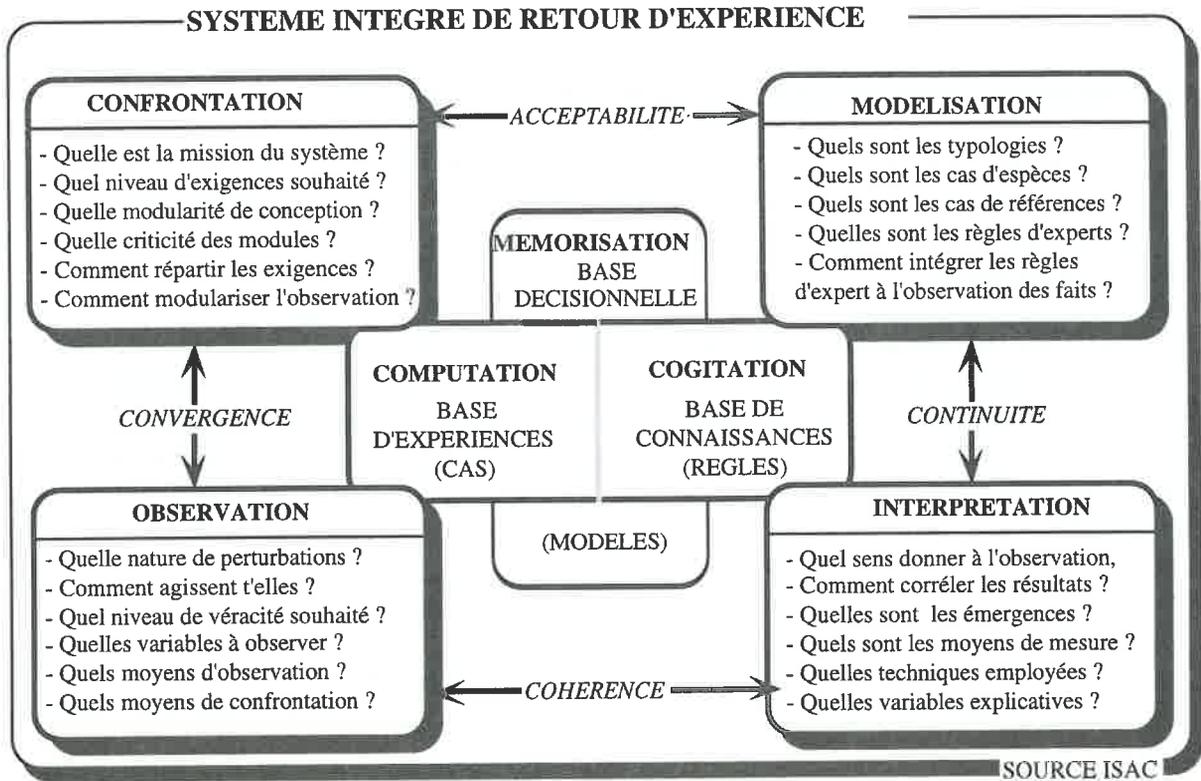
- D'analyser les environnements et de répertorier et classifier l'ensemble des perturbations liées au système étudié,
- De définir le champ d'exigences sécuritaires compte tenu de la finalité du système dans son environnement et d'en déduire les règles du jeu qui sont souvent bloquantes,
- De structurer le système étudié en sous-systèmes finalisés afin de proposer des moyens de défense en adéquation avec les perturbations et les exigences.

En clair un retour d'expérience a pour objet de minimiser l'incertitude de décision, en proposant des modèles, cas de références ou cas d'espèces qui permettent de prévoir l'évolution d'un système ou d'une situation en se référant au passé. S'il y a besoin de décisions, c'est qu'il y a incertitude sur les actions à entreprendre et s'il y a incertitude c'est que nous sommes dans un cas non réglé par les procédures habituelles. C'est dans ces termes que l'approche sécurité est très révélatrice des dysfonctionnements et des incohérences.

En deuxième lieu, lorsque les hommes qui vont subir les contraintes d'un système intégré de retour d'expérience (voir figure 1) en ont compris le sens et l'intérêt individuels et collectifs, il est nécessaire de passer à un modèle de réalisation de retour d'expérience lui-même. Actuellement il y a beaucoup d'outils liés au retour d'expérience, notamment des modèles statistiques, mais on sent bien qu'il manque un concept fédérateur.

Ce concept fédérateur [4] doit répondre à une préoccupation essentielle, comment passer d'une base de données, à une base d'expérience, puis à une base de connaissances, puis à un référentiel de décisions, c'est tout le problème du retour d'expérience intégré. Par contre, ce passage dépend de la nature du système cible, mais aussi de la culture de l'entreprise, c'est pour cela qu'un système d'expérience doit se construire avec le client et par itérations successives, c'est de l'ingénierie [5].

En troisième lieu, et à partir de la sensibilisation, d'une architecture cohérente, d'outil de structuration de l'information et d'aide à la décision [6], il faut construire de manière participative le retour d'expérience en s'intéressant au sens des renseignements et des connaissances à capter, traiter, mémoriser, capitaliser ..Il faut redonner un sens aux choses.



1) Cycle observation- interprétation-modélisation-confrontation qui donne un sens aux renseignements avec prise en compte les principes de l'ingénierie transdisciplinaire (convergence, cohérence, continuité et acceptabilité).

2) Cycle de computation-cogitation-mémorisation qui donne un sens à la connaissance :

- La computation : l'information doit être extraite de l'environnement non pertinent, quant à la connaissance envisagée, puis réassociée aux informations contextuelles non contenues dans les signaux,

- La mémorisation : de cette information, il faut extraire le concept dont elle provient et intégrer cette information à la connaissance déjà acquise à son sujet,

- La cogitation : l'information doit être formulée, transcrite verbalement et appliquée pour être appropriée à la connaissance préexistante.

Figure 1 : Architecture du système intégré de retour d'expérience structuré en deux cycles

6. Conclusion

En conclusion on peut dire que les démarches d'analyse et de sensibilisation existent, les architectures techniques existent, les outils de structuration existent, les équipes de recherches transdisciplinaires commencent à exister..

Ce qui manque le plus c'est certainement la prise de conscience de l'intérêt du retour d'expérience comme principe d'aide à la décision et aussi des cycles de formation à ces nouveaux métiers. Arrêtons une fois pour toutes de vouloir réfléchir contre nature et admettons que "le passé explique le présent et conditionne l'avenir".

7. Bibliographie

- [1] L'ingénierie transdisciplinaire et les nouveaux métiers d'ingénieurs [REE, 03/97] ; B.MICHAUD,
- [2] Automatisation et facteurs humains [REE, 04/98] ; B.MICHAUD,
- [3] Perturbations & sécurité [Colloque ingénierie des systèmes complexes, 10/97], B.MICHAUD
- [4] NOEMIE : méthodologie et outils pour le retour d'expérience [KESDA 98 France], Yann POLLET,
- [5] Il faut aborder autrement la conception des systèmes [MESURE, 04/98], B.MICHAUD,
- [6] Data mining & Décision [Colloque ingénierie des systèmes complexes, 10/97], Harm SMIT et B.MICHAUD.

