



**HAL**  
open science

## Histoire et ingénierie des connaissances

Jean-Louis Ermine, Bertrand Pauget, Annie Beretti, Gilbert Tortorici

► **To cite this version:**

Jean-Louis Ermine, Bertrand Pauget, Annie Beretti, Gilbert Tortorici. Histoire et ingénierie des connaissances. Sources et ressources pour les sciences sociales, Dec 2004, Paris, France. pp.1-15. hal-00432738

**HAL Id: hal-00432738**

**<https://hal.science/hal-00432738>**

Submitted on 7 Apr 2010

**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.

# Histoire et Ingénierie des Connaissances

Jean-Louis Ermine<sup>1</sup>, Bertrand Pauget<sup>2</sup>, Annie Beretti<sup>3</sup>, Gilbert Tortorici<sup>2,3</sup>

<sup>1</sup> Institut National des Télécommunications,  
jean-louis.ermine@int-evry.fr

<sup>2</sup>Tech-CICO, UTT, Université de Technologie de Troyes,  
bertrand.pauget@utt.fr

<sup>3</sup>PSA-direction de l'innovation et de la qualité,  
annie.beretti@mpsa.com

**Résumé :** La capitalisation de l'histoire d'une technologie, d'une technique ou d'un concept au sein d'une organisation industrielle est a priori du ressort des historiens. Cependant elle dépasse largement la problématique historique quand elle s'inscrit dans une perspective de Knowledge Management. Replacé dans ce contexte, elle peut faire alors l'objet d'approches spécifiques, notamment grâce à l'ingénierie des connaissances. Cependant, cela se heurte pour l'instant à deux types de difficultés :

- Les techniques d'histoire disposent de peu d'outils de modélisation, et sont même plutôt réticentes à l'utilisation de tels outils
- L'ingénierie des connaissances s'est assez peu posé le problème de modéliser des connaissances historiques, retraçant l'évolution des connaissances. Il est cependant possible de développer des méthodes, des outils et des techniques robustes et validées qui prennent en compte ces deux approches, qui, si elles fonctionnent en synergie, se révèlent riches et fécondes.

**Mots-clés :** Histoire, gestion des connaissances, ingénierie des connaissances, histoire des techniques, méthode MASK

## 1 Introduction

### 1.1 Modélisation et complexité

La plupart des problèmes, industriels ou autres, qui sont à l'étude de nos jours portent sur des *systèmes complexes*, dans un sens qui est maintenant largement répandu (Morin, 1990). Définir ce qu'est un système n'est pas l'objet ici. C'est une discussion sûrement encore ouverte et tellement "complexe" qu'on peut se demander s'il est possible, dans ces domaines de prendre nécessairement la démarche de "la définition d'abord" ! Nous adopterons la définition "triviale mais mnémorique" de J.-L. Lemoigne, dans le chapitre 2 de son célèbre ouvrage (Le Moigne, 1977): "en acceptant une définition passe-partout du mot objet, [un système se définit comme] un objet *actif et stable et évoluant* dans un *environnement*, et par rapport à quelque *finalité*".

Un système s'observe donc selon trois points de vue indissociables. Les mots retenus pour désigner ces trois aspects sont variés, et dépendent des connotations qu'on veut y mettre. Un premier point de vue dit *ontologique*, considère le système dans sa *structure*, en tant qu'il est perçu comme un ensemble d'objets agencés, comme "quelque chose". Un second point de vue dit *phénoménologique* (ou *fonctionnel*), considère le système dans sa *fonction*, en tant qu'il est perçu comme agissant, comme "faisant quelque chose". Un troisième point de vue dit *génétique*, considère le système dans son *évolution*, en tant qu'il est perçu comme se modifiant au cours du temps en accord avec son projet. On choisira par convention la terminologie : structure, fonction et évolution. La perception, l'étude, la modélisation d'un système se fait donc à travers un choix pondéré entre ces trois points de vue. Un système complexe peut se modéliser ainsi de trois manières différentes : une modélisation structurelle, une modélisation fonctionnelle et une modélisation de son évolution (cf. aussi Le Moigne, 1990).

### 1.2 Modélisation des connaissances

La modélisation est l'outil de base qui permet d'étudier les systèmes complexes. La vision systémique ambitionne justement de fournir des outils de modélisation qui permettent non pas d'exhiber explicitement des structures, mais de dégager une intelligibilité permettant de comprendre dans son ensemble le système étudié (ici un système de connaissances). L'intelligibilité ne mutile pas la vision des systèmes, tout en conservant la complexité.

Arrive alors un vieux débat : que modélise-t-on ? Le système lui-même ou la perception, la compréhension que l'on en a, c'est à dire les connaissances que l'on a du système ? Ce débat est largement abordé dans Ermine (2000), et nous n'y reviendrons pas. Notons seulement que l'ingénierie des connaissances se pose depuis toujours la question de modéliser les connaissances sur les systèmes complexes, ce qui est en soi un problème complexe lui-même ! La modélisation des connaissances est un des outils de base, et la plupart des méthodes d'ingénierie de connaissances y font appel (Dieng *et al.*, 2000).

Cependant, les modèles de connaissances largement utilisés en ingénierie des connaissances sont essentiellement de deux types : la modélisation structurelle (réseaux sémantiques, objets, taxinomies ...) et la modélisation fonctionnelle (processus, activités, tâches ...). Le troisième pilier de la modélisation, tel qu'on l'a évoqué ci-dessus, celui de l'évolution, est bizarrement presque systématiquement absent. C'est donc un problème qui semble nouveau de modéliser l'évolution d'un système, ou l'évolution des connaissances sur un système.

Pourtant, comprendre l'évolution d'un système est une problématique fort ancienne ! D'un point de vue scientifique, on peut dire qu'il est abordé depuis Lamarck et Darwin. Quand on connaît les innombrables polémiques, loin d'être éteintes actuellement, qui ont été soulevées par les théories évolutionnistes de Lamarck et Darwin (Denton, 1985, Ridley, 1985, par exemple), on peut s'attendre, s'il faut développer une modélisation de l'évolution des connaissances, à en tester et valider scrupuleusement les attendus.

En fait, les idées de Lamarck et Darwin ont eu très tôt de très grands retentissements, et le modèle évolutionniste a été très rapidement l'objet de transpositions dans de nombreux domaines, très différents de la biologie : l'anthropologie (Sapir, 1967), la psychologie cognitive (Piaget, 1976), la philosophie (Durkheim, 1984), l'épistémologie, cité dans Versailles (1999), la théorie de la complexité (Heudin, 1998), l'histoire des techniques (Deforge, 1985, Jukes, 1982), l'informatique (Torres-Carbonell & Parets-Llorca, 1996), la gestion des connaissances (Barthelmé *et al.*, 1998, Ermine, & Waeters, 1999), etc. Les idées pour modéliser l'évolution sont donc déjà nombreuses.

### 1.3 Modélisation de l'évolution des connaissances

Pour tempérer ce qui est dit ci-dessus, notons que la modélisation de l'évolution des connaissances apparaît dans trois problématiques liées plus généralement à la gestion des connaissances (Ermine, 2002).

#### 1.3.1 La mémoire de projet

L'évolution est inéluctablement liée à la notion de temps, bien que la vision du temps dans les théories de l'évolution soit souvent non linéaire et sur des échelles hors du sens commun, donc bien différente de la perception immédiate et classique du temps. Mais d'une certaine manière, on peut dire que l'évolution des connaissances est le déroulement de ces connaissances à travers le temps. Selon ce point de vue, modéliser l'évolution des connaissances, c'est modéliser leur historique dans une période temporelle donnée. Industriellement, un intervalle temporel supposé être complètement maîtrisé est celui d'un projet (et pour cause !). Un projet a un début, et une fin, une unité et une « histoire ». Tracer l'évolution des connaissances au cours d'un projet est donc naturel, c'est de plus un besoin identifié sous le nom de « mémoire de projet » et la modélisation est un outil assez répandu dans cette problématique (Matta *et al.*, 1999, Matta *et al.*, 2000).

Souvent, la mémoire de projet est utilisée dans les projets de conception (au sens large) afin de garder trace des décisions qui ont été prises. Elle est basée sur une représentation des processus de décision et s'appuie sur des modèles dits de « Design Rationale » (logique de conception), qui retracent des processus d'argumentation. Les approches les plus connues sont QOC (MacLean *et al.*, 1991), IBIS (Conklin & Begeman, 1988), ces méthodes ne permettent pas vraiment de représenter l'évolution des prises de décision, contrairement à une autre méthode de référence : DRCS (Klein, 1993). Des méthodes plus récentes DIPA (Lewkowicz & Zacklad, 1999), DyPKM (Bekhti & Matta, 2003) mettent plus l'accent sur l'évolution (des décisions dans le projet), d'autres comme INDIGO (Longueville *et al.*, 2003) sur le processus de décision. Il existe par ailleurs d'autres approches qui ne sont pas focalisées sur la représentation des processus de décision, contribuant à une problématique plus générale qui est celle de la « mémoire d'entreprise » (Ribière & Matta, 1998, Eynard *et al.* 2001...).

Si la mémoire de projet est largement concernée par l'évolution des connaissances, on voit cependant que la dimension temporelle de ces connaissances est largement restreinte dans cette problématique.

#### 1.3.2 Les traces d'expérience : Retour d'Expérience et récit d'histoires (« Story Telling »)

On le voit dans le paragraphe précédent, l'évolution d'un système peut être modélisée par des traces explicites de son histoire inscrites dans la mémoire de l'organisation. De nombreuses techniques sont alors disponibles pour garder de telles traces, citons en deux assez proches de notre problématique :

*Le retour d'expérience (REX ou RETEX) :*

Le retour d'expérience est un processus mis en place dans des organisations pour l'amélioration des produits et des services fournis par cette organisation. Il consiste à enregistrer des expériences (des incidents en général), ainsi que les solutions apportées qui ont permis une évolution du système concerné dans une optique corrective. Cette trace est ensuite mise à la disposition des acteurs qui s'en servent par la suite pour retrouver des solutions déjà expérimentées sur des événements qu'ils peuvent rencontrer.

En général, la modélisation des expériences est assez sommaire. Elle consiste par exemple à remplir une fiche de Retour d'Expérience qui comporte un nombre de champs à renseigner qui sont en général les suivants (ex : Eichenbaum *et al.*, 1994) :

- Activité concernée (référence à l'activité du modèle concernée)
- Introduction/contexte (circonstances, environnement global où se place l'événement décrit)
- Observation/Constatation/fait Technique (décrit sans interprétation un fait établi, observé ou constaté (description de l'expérience vécue))
- Diagnostic/Avis/Commentaire (point de vue de l'auteur sur le fait observé)
- Recommandation/Conclusion (recommandations pour l'avenir : conseils, mises en garde, souhaits ...)
- Remarques (Autres points à prendre en compte (points critiques, historiques, références ....))

La collecte de ces données se fait, au mieux, par des interviews avec des spécialistes en ingénierie des connaissances (exemple de la méthode REX), sinon dans un processus classique de documentation de fiches ou bases de données.

#### *Le récit d'histoires (« Story Telling »)*

Dans une optique de transmission des connaissances dans les entreprises, la technique de « Story Telling » peut être interprétée comme une technique de « micro histoire » pour la modélisation de l'évolution d'un système (Snowden, 1999, Soulier & Caussanel, 2002). Il s'agit de modéliser des expériences personnelles, à travers des histoires vécues, en général à partir d'incidents ou d'événements anormaux exactement comme pour le retour d'expérience. La technique de modélisation des histoires est plus sophistiquée que pour le retour d'expérience. Elle est basée sur des connaissances importantes en ingénierie des connaissances et un savoir-faire sophistiqué dans les techniques d'interview.

On voit que dans les techniques de recueil de traces d'expériences, très proches de l'ingénierie des connaissances, la problématique de l'évolution est peu présente, et, comme dans les techniques de mémoire de projet, confinée à une sorte de « micro-histoire » des systèmes.

### **1.3.3 L'innovation**

Un attendu fondamental de la gestion des connaissances se situe dans le domaine de l'innovation. Dans le monde économique actuel, la survie des entreprises passe par une innovation constante et soutenue. C'est désormais un enjeu compétitif majeur dans les entreprises, qui cherchent donc à accélérer les processus qui la sous-tendent. Le processus de « créativité » est un des fondements de l'innovation en entreprise. La gestion des connaissances est un des leviers au service d'une politique volontariste de soutien à la créativité, qui conditionne l'évolution cohérente et efficace du patrimoine de connaissances de l'entreprise.

Une hypothèse évolutionniste très importante dans le domaine de l'innovation nous vient de la science économique et s'appelle « la dépendance du sentier » (« path dependency », Coriat & Weinstein, 1997, David & Foray, 1994) pour laquelle l'innovation est un processus de « création technologique endogène et cumulatif », c'est à dire que c'est la nature même du patrimoine de connaissances accumulé dans une organisation qui prédétermine le sentier d'évolution de ces connaissances (voire de l'organisation elle-même). Il y a, non pas création pure ou dictée par des contraintes uniquement externes, mais évolution des idées, par assimilation, accommodation, mutation, etc. Cette évolution des idées se fait à l'intérieur de l'entreprise à partir de son « patrimoine génétique », qui est constitué, entre autres, de son patrimoine de connaissances. Ce sont donc les connaissances existantes qui conditionnent les idées futures, et amènent ainsi à l'innovation. L'hypothèse de « la dépendance du sentier » demande donc à analyser l'évolution d'un système de connaissances vis-à-vis de son histoire pour mieux maîtriser son évolution future. Ainsi, décrire de manière structurée l'historique d'un ensemble de connaissances dans l'objectif de mieux comprendre et maîtriser les lois d'évolution de ces connaissances, qui sont nécessairement spécifiques à l'organisation.

Comprendre les processus d'évolution des connaissances permet de rechercher les lois d'évolutions qui dirigent ces processus et les facteurs d'évolution qui en sont les éléments caractéristiques. Comprendre ces lois et ces facteurs permettront de les utiliser comme levier pour améliorer les processus d'innovation à mettre en place dans l'entreprise. Pour plus de détails, on pourra consulter l'étude menée dans Benhamou *et al.* (2001) sur un exemple concernant des technologies laser et celle menée dans Courteille *et al.* (2001) sur un exemple dans l'industrie automobile.

## **1.4 Histoire et Evolution**

Si l'on admet, au vu de ce qui vient d'être dit, que modéliser l'évolution des systèmes (ou des connaissances sur les systèmes) est un objectif de l'ingénierie des connaissances, il faut alors se poser la question en tant que telle de trouver des méthodes de modélisation robustes et fondées qui répondent à cet objectif, et susceptibles de s'appliquer à des domaines industriels (puisque'il s'agit d'ingénierie !).

Cet article a pour but de poser quelques jalons dans cette optique, en s'appuyant sur deux disciplines :

### **1.4.1 L'histoire :**

Dans une première approche, on peut considérer que modéliser l'évolution d'un système, c'est modéliser son histoire à travers le temps. Mobiliser donc les techniques d'histoire est donc pertinent dans le projet de construire une méthode de modélisation de l'évolution des systèmes. L'histoire est la science qui a pour but de transmettre une vision d'un système donné ayant évolué au cours d'une période donnée. Ses outils sont multiples. Malheureusement, la modélisation est encore un outil peu employé en histoire, et sujet à controverses. Il existe cependant des approches qui peuvent être utiles dans notre projet. Nous les présenterons brièvement, sachant que ces études sont encore au stade exploratoire.

#### **1.4.2 La gestion des connaissances**

La gestion des connaissances est la gestion du système de connaissances d'une organisation, tel qu'il est défini dans Ermine (2000), c'est à dire avec ses trois composantes systémiques : structure, fonction, évolution. On ne peut donc pas gérer les connaissances d'une organisation sans se préoccuper de l'évolution de ces connaissances. De nombreux moyens de toutes sortes sont disponibles pour cet objectif. La méthode de capitalisation des connaissances MASK (anciennement MOISE puis MKSM, Ermine & Matta, 2003) prend en compte la dimension évolution. La base théorique de cette méthode (la théorie du microscope de la connaissance) prévoyait la prise en compte de l'évolution des connaissances. Les outils de modélisation correspondants n'étaient pas encore disponibles à l'époque de l'apparition de la méthode, qui a d'abord repris l'ensemble des techniques de modélisation utilisées couramment en ingénierie des connaissances (modélisation structurelle et fonctionnelle). Il a fallu du temps pour stabiliser de nouveaux modèles de connaissances sur l'évolution et les expérimenter sur de nombreux cas réels. On peut considérer que les premières versions des modèles d'évolution de MASK sont maintenant robustes et opérationnels.

Cet article est issu d'un séminaire regroupant des chercheurs de l'UTT (Université de Technologie de Troyes) (B. Pauget, J.-L. Ermine, Olivier Pottier), des acteurs de l'entreprise PSA Peugeot Citroën (A. Beretti et P. Coustillière), et des historiens de l'Université Toulouse le Mirail (J-F Soulet et René Souriac). Ce séminaire s'est poursuivi par une action au sein de l'entité AEL (Architecture Electricité Electronique) de PSA Peugeot Citroën (Dominique Charny et Gilbert Tortorici). Le sujet de l'action, portant sur le livre historique réalisé au sein de l'entreprise « Electricité, électronique : un siècle de développement automobile » montre que les deux approches, histoire et gestion des connaissances, sont en fait de même nature et apportent des éléments complémentaires.

## **2 La modélisation en histoire**

Malgré les réserves suscitées parmi la communauté des historiens, il y a, ainsi que le soulignait J.-F. Soulet, dans sa communication lors de notre séminaire : « nécessité pour l'historien (soit en tant que chercheur, soit en tant qu'enseignant), face à des processus ou à des systèmes complexes (mettant en jeu un grand nombre de données), d'en dégager des représentations simplifiées et sérielles ». Face à cette problématique, c'est surtout l'école structuraliste (notamment les travaux issus de Fernand Braudel) qui a réfléchi à la notion de modélisation suivant trois méthodes différentes.

La première se base sur une modélisation de type systémique : il s'agit de l'exemple de R. Souriac. Selon les principes de la modélisation systémique (Le Moigne, 1990), la méthode consiste à décrire sur un modèle les sous-systèmes en interaction, les positionnements d'acteurs, les fonctions clés pour identifier les contraintes présentes permettant d'expliquer un processus historique (jeux d'acteurs).

La seconde due à J.F. Soulet, est dite sémiotique. Elle se base sur les unités élémentaires de sens (des « sèmes », d'où le vocable « sémiotique »), dont certaines combinaisons sont susceptibles de fournir des explications pertinentes de systèmes complexes. Dès lors, la méthode consiste à identifier des éléments significatifs dans l'objectif de l'étude (« signes » ou « critères ») et déterminer une combinatoire pertinente de ces signes pour élaborer des modèles intelligibles.

La dernière, en complément des deux précédentes vise à inclure l'espace dans la modélisation historique.

### **2.1 La modélisation de type systémique : l'exemple de l'avènement de Henri IV de René Souriac**

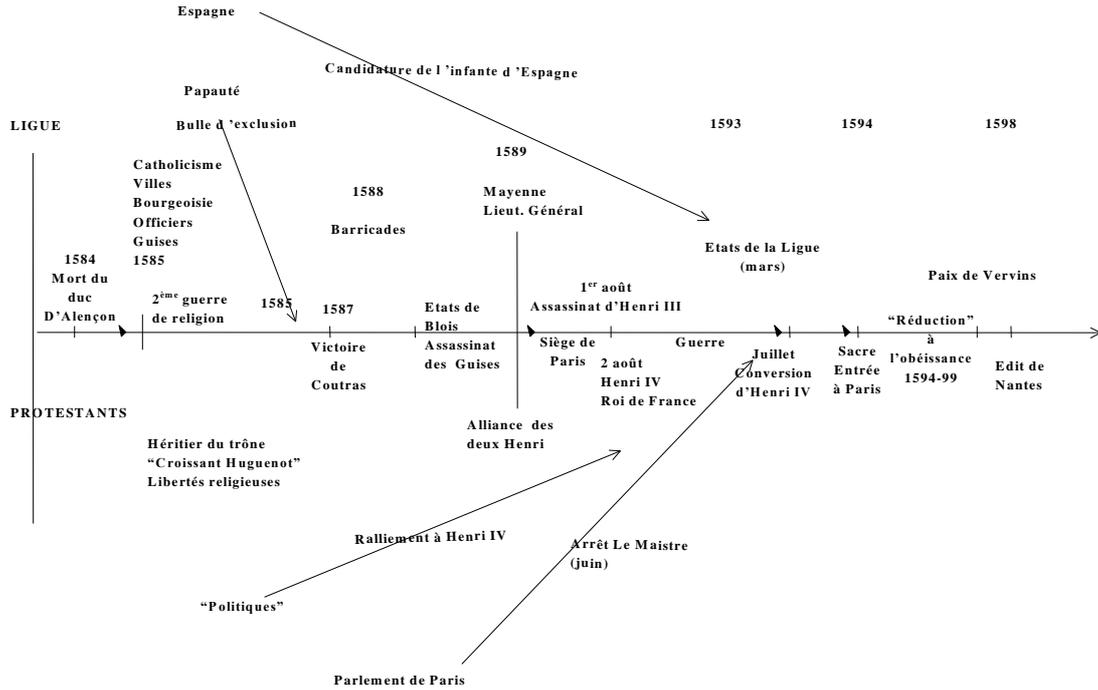


Fig. numéro 1 - L'avènement de Henri IV, schéma dialectique

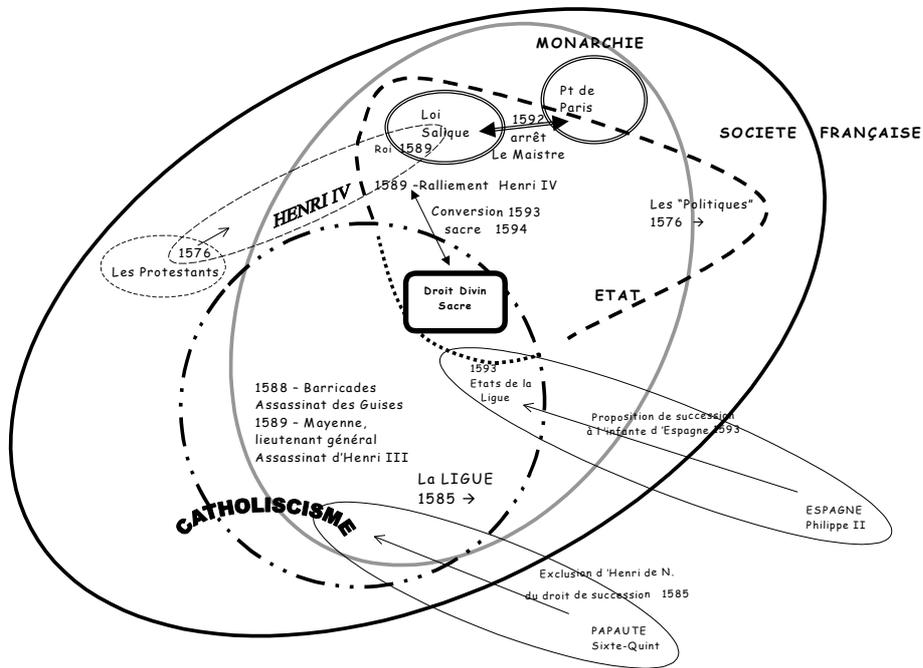


Fig. numéro 2 - L'avènement de Henri IV, schéma systémique

Selon les principes de la modélisation systémique (Le Moigne, 1990), la méthode consiste à décrire sur un modèle les sous-systèmes en interaction, les positionnements d'acteurs, les fonctions clés pour identifier les contraintes présentes permettant d'expliquer un processus historique (jeux d'acteurs).

Prenons l'exemple de l'avènement de Henri IV. L'historien classique, se basant sur le déroulement temporel et les dates successives bâtit un modèle de type « dialectique » tel que dans la figure 1. Or, face à des séries d'événements, il paraît difficile de comprendre les ressorts des actions passées. La figure montre la complexité, (alliances, trahisons) des principaux protagonistes autour de la succession au trône après l'assassinat d'Henri III (1589). La France, déchirée par les guerres de religions, peine à trouver la paix et un souverain qui puisse la garantir.

En fait, la modélisation de type systémique permet de mieux comprendre les enjeux et la difficile accession au trône d'Henri IV. C'est l'enchâssement du système religieux (protestant et catholique) avec le système politique étatique qui pose problème. La monarchie est en effet de droit divin (catholique) et accessible par le sang aux mâles (loi salique).

Henri de Navarre, futur Henri IV, acquiert de 1589 à 1592 la reconnaissance de ses prétentions filiales mais se heurte au catholicisme qui constitue un sous-système de la monarchie. Cette non-articulation entre les deux systèmes permet l'existence de dissensions (les Etats de la Ligue) et la continuation des guerres civiles entretenues entre autres par les « très catholiques » rois d'Espagne. Lorsque Henri IV se convertit (1593-1594), le système peut de nouveau trouver son équilibre. Un schéma et quelques lignes permettent ainsi de modéliser 15 ans d'histoire de France particulièrement chaotique (Figure 2)

## **2.2 La modélisation de type sémiotique : l'histoire immédiate de J-F Soulet**

L'école structuraliste a forgé de grands principes pour dégager des représentations significatives de systèmes complexes (on trouvera une discussion sur ce thème dans Ermine (2000). Elle se base sur les unités élémentaires de sens (des « sèmes », d'où le vocable « sémiotique »), dont certaines combinaisons sont susceptibles de fournir des explications pertinentes de systèmes complexes. Dès lors, la méthode consiste à identifier des éléments significatifs dans l'objectif de l'étude (« signes » ou « critères ») et déterminer une combinatoire pertinente de ces signes pour élaborer des modèles intelligibles.

Nous donnons ici deux exemples dus à J-F Soulet.

### **2.2.1 La modélisation du système communiste**

Le système communiste a connu des évolutions et des variantes très notables depuis 1917. Entre le système La compréhension globale du système n'est pas suffisante. Si l'Histoire désire modéliser, elle doit autoriser les comparaisons entre phénomènes de même nature. C'est ce que tente de faire JF. Soulet. Les systèmes communistes en sont de bons exemples. Ils ont en effet connu de significatives évolutions depuis 1917. Que l'on songe par exemple aux différences entre le système appliqué par Staline des années 1930 aux années 1950, et le système pratiqué par Nagy en Hongrie de 1953 à 1955, celui de Deng Xiaoping depuis 1978, voire de Pol Pot au Cambodge, de 1975 à 1978.

D'où l'idée d'une classification de type sémiotique en trois temps.

- Les pratiques du pouvoir
- Les types de relations extérieures
- Le degré de socialisation<sup>1</sup>

Ces critères permettent de construire une « grille de lecture » efficace, aboutissant à 3 modèles majeurs (Cf. figure 3) : utopique, libéral et national-communiste. Ceci permet de comparer l'évolution des systèmes jusqu'à leur désagrégation après 1989.

### **2.2.2 Modélisation du processus de désatellisation des pays communistes de l'Europe de l'Est en 1989**

Il s'agit de rechercher si les mutations accomplies en 1989 dans 6 pays communistes est-européens ont répondu à quelques grands modèles

La méthode, comme celle précédente, consiste à mettre au point une série de critères pertinents permettant de caractériser et de comparer les six mutations, en distinguant clairement ce qui relève des facteurs de la chute des systèmes communistes d'une part et des catalyseurs du processus d'autre part. Trois modèles de mutation s'imposent lors de l'explosion du système communiste :

- Le compromis (processus amiable entre le pouvoir communiste et la société civile : par exemple en Pologne ou en Hongrie)
- La mutation imposée par la « société civile » (Ex. RDA ou la Tchécoslovaquie et sa révolution de velours)
- La révolution de palais (qui réaménage le système interne du parti : ex. la Bulgarie, ou la Roumanie)

---

<sup>1</sup> Trois « familles de critères », comportant chacune des « sous-familles », avec différentes « entrées »

|                                |                                     | <b>MODELE 1<br/>(National-<br/>communisme)</b>     | <b>MODELE 2 (Utopique)</b>                                   | <b>MODELE 3<br/>(Libéral)</b>   |
|--------------------------------|-------------------------------------|--|--|---|
| PRATIQUES DU POUVOIR           | Exercice effectif du pouvoir        | Individu   | Clan   | Oligarchie-Comité central   |
|                                | Support privilégié du pouvoir       | Armée  | Armée-Police   | Parti   |
|                                | Rapport Parti-Etat                  | Suprématie du Parti                                | Suprématie du Parti  | Promotion de l'Etat   |
|                                | Rapports avec la société civile     | Conflictuels                                       | Destructeurs   | Compromis   |
|                                | Rapports avec le passé              | Instrumentalisation                                | Rejet  | Continuité  |
| TYPES DE RELATIONS EXTERIEURES | Envers les Etats non communistes    | Expansionnisme-Bellicisme                          | Repliement   | Coexistence   |
|                                | Envers l'Etat communiste leader     | Indépendance                                       | Indépendance   | Indépendance  |
| DEGRE DE SOCIALISATION         | Socialisation progressive           |  |  | Socialisation progressive   |
|                                | Socialisation intégrale             | Socialisation intégrale                            | Socialisation intégrale                                      |   |
|                                | Dirigisme et planification          | Dirigisme et planification                         | Dirigisme et planification                                   |   |
|                                | Introduction de mécanisme de marché |  |  | Introduction de mécanismes de marché  |
|                                | Echanges avec l'extérieur           |  |  | Echanges avec l'extérieur   |
|                                | Fermeture (autarcie)                | Fermeture  | Fermeture  |   |
| Exemples de pays               |                                     | Corée du Nord – Albanie- Viêt-nam- Cuba - Roumanie | Chine (Révolution culturelle 1965-1971) Cambodge (1975-1979) | Yougoslavie – Hongrie (1953-1955) – URSS (1953-1964) – Tchécoslovaquie (1968)- Chine (1978-2002) – URSS (1985-1991) |

Fig. numéro 3 - Les trois modèles de systèmes communistes

### 2.3 La géohistoire de G. Grataloup

Nous présentons ici quelques éléments issus de la géographie historique selon les thèses de C. Grataloup (1996).

Cette approche se situe en complément des précédentes. En effet, pour ce géographe, « le parcours a été de géographie et de géographie seulement. La boîte à outil était composée de notions de base de l'analyse de l'espace : lieu, distance, position, centralité, complémentarité, échelle, diffusion ; axe/barrière, contrôle territorial et quelques autres. La liste reste courte » (Figure 4). Le but est n'est pas de décrire la réalité mais d'en proposer une interprétation : « Un premier objectif était d'éprouver l'efficacité des modèles dans des contextes différents, inhabituels parfois de leur usage courant. C'était ainsi faire l'hypothèse de leur capacité non seulement à éclairer les cartes du passé, mais à contribuer à la compréhension du passage d'une carte à l'autre ». Entre deux cartes « il y a de l'histoire », et c'est en ce sens que C. Grataloup fait des modèles d'histoire comme nous le montre l'exemple de la figure 5. Il s'agit ici de représenter le déclin et la chute des Empires romains d'une part et de Bagdad d'autre part.

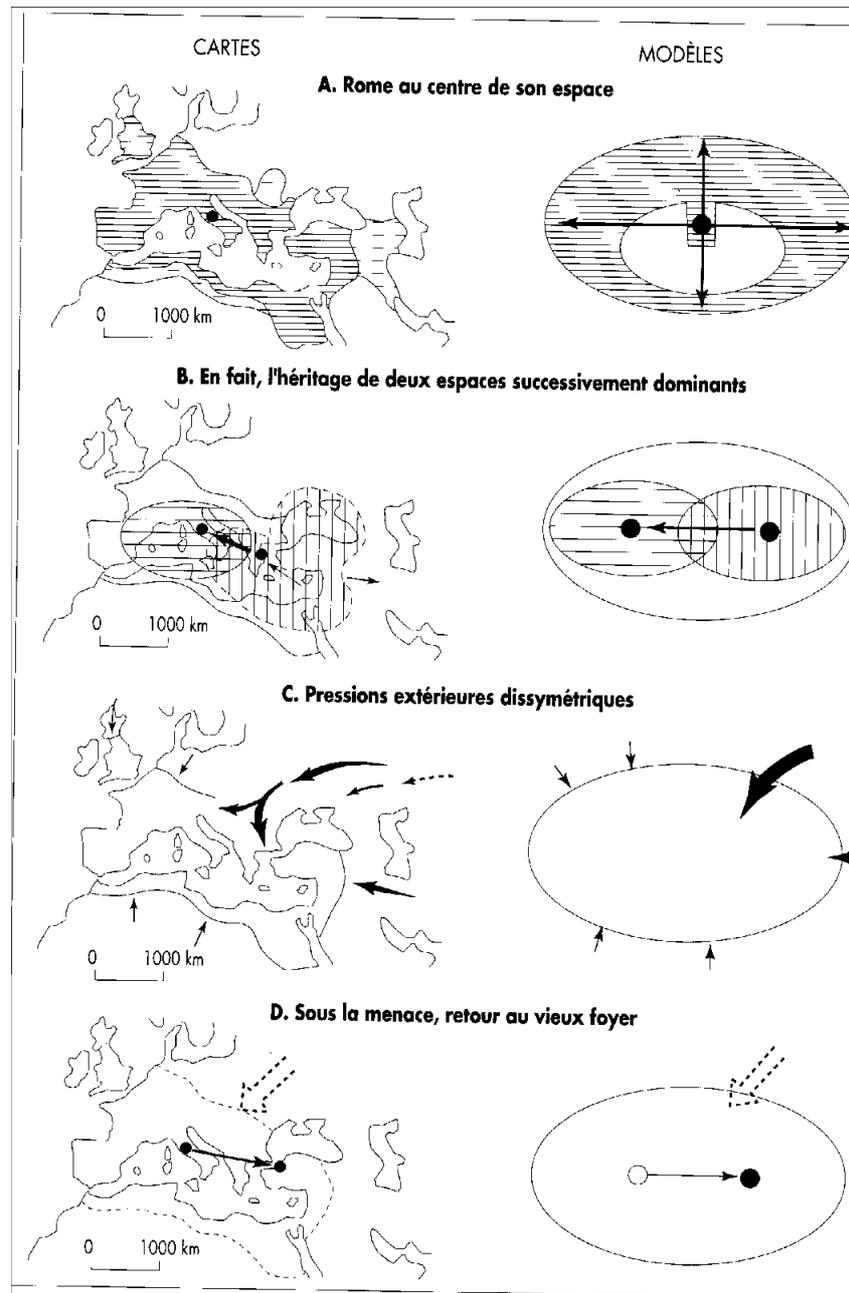


Fig. numéro 4 - L'espace de l'Empire romain

Les techniques de modélisation s'appuient essentiellement sur l'œuvre des géographes en général et celles de R. Brunet<sup>2</sup> en particulier (Brunet, 1992). Celui-ci a en effet mis au point un modélisation de l'espace à partir d'un certains nombre de « chorèmes ». Le chorotype étant alors « la composition de chorème récurrente, exprimant des structures plus ou moins complexes qui apparaissent dans certains endroits du globe, et qui peuvent s'exprimer par des modèles simples ».

<sup>2</sup> Pour en savoir plus sur les techniques de modélisation en géographie : voir Bord J-P : *Géographie et sémiologie graphique : 2 regards différents sur l'espace*, à l'adresse suivante : <http://www.cybergeopresse.fr/semiogra/bord/bord.htm>

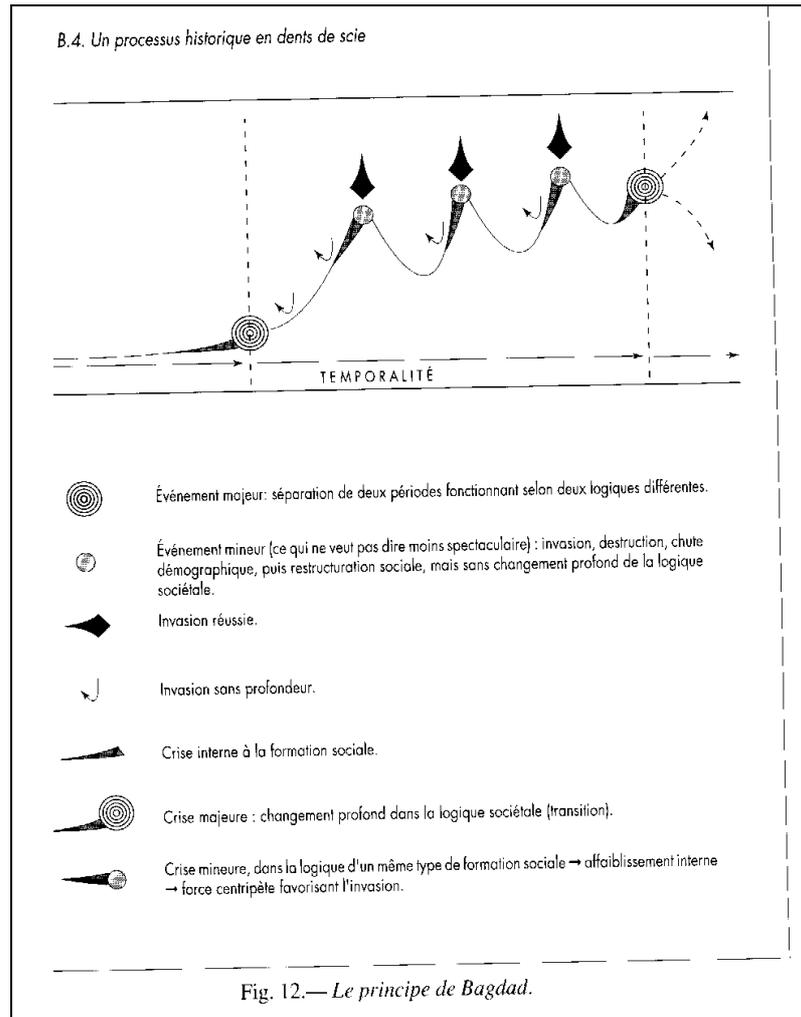


Fig. numéro 5 - Modélisation du « principe de Bagdad »

### 3 La modélisation de l'évolution dans la méthode MASK

MASK est une méthode d'ingénierie des connaissances, qui cherche à modéliser, en général en interviewant des experts du domaine, des éléments du patrimoine de connaissances d'une entreprise.

De gros besoins s'étant révélés pour modéliser l'évolution des connaissances, MASK s'est enrichi de modèles inspirés de l'histoire des techniques. Ils ont pour but de décrire de manière structurée l'historique d'un ensemble de connaissances, dans l'objectif de mieux comprendre et maîtriser les lois d'évolution de ces connaissances, qui sont nécessairement spécifiques à l'organisation. La méthode MASK a pour particularité de combiner l'approche sémiotique et l'approche systémique telles qu'elles sont évoquées ci-dessus. C'est la théorie du microscope de la connaissance (Ermine, 2000) qui permet de croiser les deux approches et de bâtir des modèles répondant aux deux problématiques.

Le premier modèle concerne le contexte de l'évolution. Les connaissances évoluent parce que leur contexte évolue, et que les grands concepts qui les sous-tendent évoluent. Le premier modèle retrace l'historique général, l'histoire des idées. Le second modèle est une analyse a posteriori, une reconstruction raisonnée, compréhensible et synthétique des principaux objets ou concepts qui ont jalonné l'évolution du système de connaissances étudié. Ces concepts sont organisés en *lignées* qui suivent une ligne temporelle et où s'identifient le pourquoi et le comment de chaque évolution de concept. Les théories et les modèles présentés ici doivent beaucoup aux pionniers d'une nouvelle manière d'aborder l'histoire des techniques, héritée de l'histoire en général et de l'ethnologie, notamment Yves Deforge (1985).

#### 3.1 Le modèle de l'historique

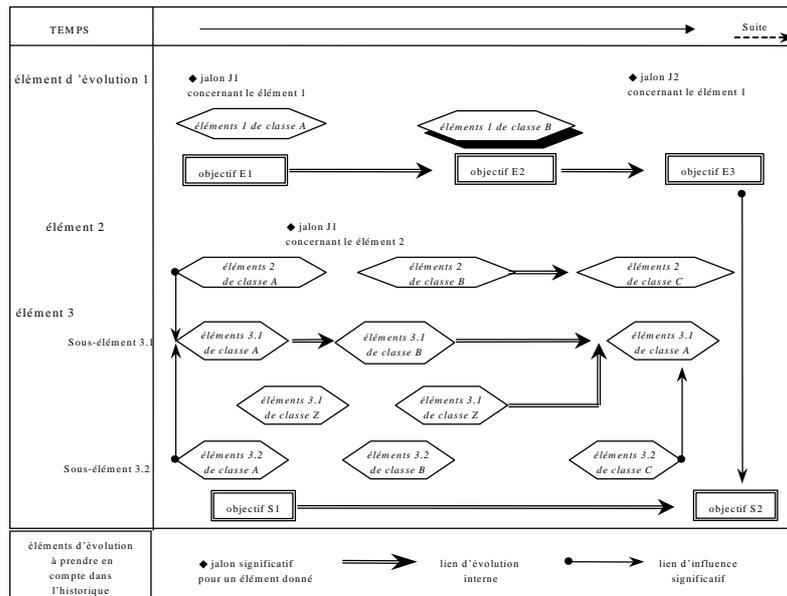


Fig. numéro 6 - Le diagramme du modèle de l'historique

Pour présenter ce modèle, il suffit de citer Yves Deforge qui en fait un des trois outils fondamentaux pour l'étude de l'évolution des objets techniques : ce modèle « répond au désir de mieux connaître ce qui s'est passé à certains moments de l'évolution en reconstituant synthétiquement, autour d'un objet [d'un concept] le réseau des relations réciproques que l'objet entretient avec tous les sous-systèmes de systèmes plus vastes qu'on appelle [...] « système industriel ». [Ce modèle s'inspire de méthodes familières] à ceux qui étudient des phénomènes s'étendant sur de longues périodes : ethnologues, archéologues, économistes ; elles consistent, pour quelques époques significatives d'une évolution à recréer picturalement et dynamiquement le milieu associé au phénomène considéré ». Il s'agit donc d'intégrer l'évolution d'une connaissance, d'un concept, d'un objet, dans un système contextuel qui est explicatif de cette évolution, et permet d'appréhender globalement les lignes directrices qui ont amené la connaissance à l'état perçu actuellement.

Dans le modèle proposé, le contexte historique est décrit par un petit nombre d'éléments qui apparaissent pertinents, au cours de l'analyse historique, pour décrire et englober le contexte d'évolution. Le contexte historique dépasse largement l'objet de connaissances proprement dit, qui se trouve ainsi mis en relation signifiante, d'un point de vue de l'évolution, avec d'autres sous-systèmes. Par exemple, d'une manière très générale, Yves Deforge propose de considérer les objets comme liés à quatre sous-systèmes, et de dégager donc dans ces systèmes les éléments pertinents : le système de production (« comment c'est fait ?, pourquoi c'est fait ainsi ? »), le système de consommation (système économique et social), le système d'utilisation (le couple utilisateur/objet, dans la dualité pour l'objet « objet d'usage »/« objet comme systèmes de signes ») et le système des objets (ce qu'on appellera avec lui les lignées, qui est le modèle suivant). Nous laisserons pour l'instant à l'analyste le soin de dégager ce que nous appellerons les éléments à prendre en compte dans l'évolution. Ces éléments sont identifiés séparément, et leur disposition dans le temps est décrite succinctement, en nommant les grandes classes caractéristiques au cours du temps pour ces éléments. Ces classes peuvent être attachés à des objectifs qui peuvent avoir évolué dans le temps.

Des liens d'évolution significatifs entre des classes ou des objectifs peuvent apparaître. Les repères temporels sont donnés par des jalons, qui sont des événements datés significatifs pour l'élément considéré, auxquels d'ailleurs peuvent être attachés des « archives ». L'historique d'un concept, d'un objet, est caractérisé par des interactions entre tous les sous-systèmes impliqués dans cet historique et qui expliquent a posteriori les innovations, les découvertes, les améliorations, les adaptations etc.

Dans le modèle proposé, ces interactions sont visualisées par des liens d'influence qui peuvent refléter des causalités multiples et variées. L'ensemble de ces éléments est disposé dans un ou plusieurs tableaux synthétiques (Figure 6) qui ont été proposés par exemple dans Jacomy (1990). On peut passer d'un tableau à l'autre en suivant l'échelle de temps ou en décomposant un élément (dessin ombré).

### 3.2 Le modèle des lignées

Le modèle de l'historique permet de maîtriser le contexte dans lequel s'est déroulé l'évolution du système de connaissances. Le modèle suivant s'attache aux objets et/ou aux concepts autour desquels s'est bâti le système de connaissances. Il en propose une lecture temporelle générale, reconstruite à partir d'une analyse a posteriori et qui a pour but de donner une image mentale (cognitive) pertinente des évolutions des objets/concepts principaux du système, avec une argumentation raisonnée. Il s'agit d'un outil de compréhension a posteriori qu'on appelle la lignée. C'est un outil bâti

et utilisé dans les théories qui fondent l'histoire des techniques ou des technologies des groupes humains (A.Leroi-Gourhan, J.Baudrillard, A.Moles, G.Simondon, cf. une synthèse de ces références dans Deforge (1985). Il s'adapte ici assez bien au contexte de l'évolution des connaissances en général.

Un ensemble de lignées décrit des successions dans le temps de concepts ou d'objets dans un ordre évolutif « dont on dit généralement qu'il va dans le sens du progrès, par des améliorations ou perfectionnement successifs » (Deforge, 1985), décrivant ainsi des « tendances lourdes » ou des « lois d'évolutions » qui pour l'instant doivent être prises dans un sens assez vague. Les éléments de la lignée sont des générations d'objets ou de concepts (des « espèces » dirait-on en terme évolutionniste), caractéristiques d'une période donnée qu'on perçoit comme présentant une unité conceptuelle dans le temps, permettant de nommer ces générations. Dans le domaine des objets techniques (selon A. Leroi-Gourhan ou Y. Deforge), la lignée est constituée par le rangement chronologique présentant la même fonction d'usage, et le mettant en œuvre le même « principe » (défini comme le principal phénomène physico-chimique mis en jeu dans l'objet, mais qui en fait devient vite difficile à cerner dans les objets complexes, où l'on parle de solutions technologiques et de formes). Les lignées sont semblables aux lignées de la biologie, Y. Deforge parle d'évolution d'une lignée, de sélection naturelle, de fin de race, tératologie et aberrations, de lignées interrompues, résurgences, mutations, de croisement de point nodal et de bifurcation. Il s'agit donc bien d'une théorie de l'évolution qui est mise en œuvre. Les lignées sont organisées dans un arbre généalogique qui retrace les apparitions et éventuellement les disparitions des lignées les unes par rapports aux autres. Le modèle des lignées est donné dans la figure 7.

On pourra voir de nombreuses applications de ces modèles dans Ermine (2000,2003), Benhamou *et al.* (2001), Courteille *et al.* (2001) etc.

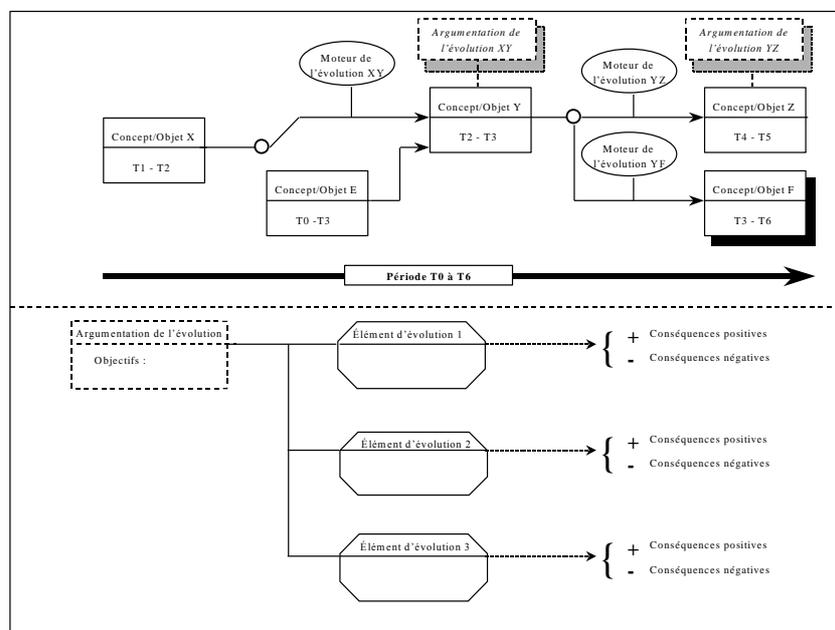


Fig. numéro 7 - Les diagrammes du modèle des lignées

## 4 Convergence des approches historiques et de l'ingénierie des connaissances

Nous allons montrer, sur un exemple qui s'est déroulé dans l'entreprise PSA Peugeot Citroën, que les approches historiques et ingénierie des connaissances, telles qu'elles ont été esquissées ci-dessus sont de même nature et complémentaires quand il s'agit d'un problème de gestion des connaissances.

### 4.1 Le projet d'histoire

L'électronique dans l'automobile est désormais une composante stratégique et incontournable. On se plaît à dire que dans l'actuelle 607 de Peugeot, il y a plus d'électronique embarquée que dans le premier Airbus. Cependant, l'électronique est un métier très particulier de l'automobile. L'électricité et l'électronique embarquées dans un véhicule constituent un sous-système « transverse » associé à la totalité des sous-systèmes « organes » du véhicule et des métiers correspondants. C'est donc un système associé à un métier qui est en interaction constante avec les autres métiers et les

autres systèmes mécaniques classiques du véhicule. La maîtrise et le maintien des compétences et des référentiels de compétence du groupe dans ce domaine est donc de nature particulière.

A la demande de la direction technique de PSA, notamment à travers la communauté métier correspondante au métier électricité électronique du groupe (le « Gélec »), un projet de gestion des connaissances a été mené, afin de répondre à des attentes qui sont générales dans le groupe, pour la conservation et le développement des compétences métiers, à savoir « porter les métiers au meilleur niveau mondial », « vivre et communiquer la passion du métier ». Ce projet a pris la forme d'un projet d'histoire technique, à savoir la constitution d'une mémoire historique du métier électricité électronique. Il a comme objectif d'écrire l'histoire de l'électricité/électronique véhicule afin de capitaliser les connaissances, comprendre le progrès technique et éclairer l'avenir. Il est destiné en priorité aux ingénieurs et techniciens de la direction technique, plus particulièrement aux jeunes embauchés. Il s'adresse aussi à tous les ingénieurs du Groupe PSA et à ses partenaires directs ou indirects. Il ne s'agit donc pas simplement de retracer l'histoire d'une technique, mais de faire un véritable outil de capitalisation et de transmission des savoirs.

La démarche a consisté à analyser les évolutions techniques et à en repérer les déterminants pour montrer comment se font les choix techniques. Cette base historique complète a été constituée à partir de sources internes et externes : dans le groupe PSA et chez les équipementiers qui ont directement contribué aux progrès techniques de ses véhicules. Elle a été réalisée dans une logique métier, elle met l'accent sur l'innovation (ses déterminants, sa temporalité, ses acteurs, son contexte), et se veut un outil de connaissance à destination des ingénieurs du domaine et du métier.

Débuté en 2000, le projet s'est étalé d'abord sur une période de trente mois. Il a été conduit par une équipe pluridisciplinaire constituée de trois laboratoires d'histoire (le Cnam, la Sorbonne et l'Université d'Evry), d'une école d'ingénieurs (Supélec), et d'un encadrement PSA. Les techniques d'historiens (recherche et analyse de sources, entrevues avec les acteurs, iconographie ...) ont été appliquées scrupuleusement, en binôme avec des spécialistes du domaine. Le produit final de cette action est un livre historique intitulé « Electricité électronique : un siècle de développement automobile » (Loubet *et al.*, 2003). Il mêle des documents d'époque, des illustrations techniques et photographiques des archives de PSA, des entrevues avec les spécialistes du domaine qui ont vécu certaines périodes étudiées etc. Il couvre tous les sujets qui ont trait à l'électricité et l'électronique dans l'automobile : l'éclairage, la batterie, l'allumage, l'antivol, le moteur électrique etc. Il retrace la genèse des évolutions techniques sur les véhicules des marques du groupe PSA Peugeot Citroën et montre sous quels déterminants et dans quelles conjonctions les choix se sont opérés. Mémoire du métier, la perspective historique est riche d'enseignements et permet une meilleure compréhension de la dynamique technologique et du rôle des hommes qui ont porté l'innovation.

Le livre a été tiré à 6000 exemplaires et doit être distribué à un grand nombre de collaborateurs dans le groupe et aussi à des collaborateurs externes.

## **4.2 Le projet d'ingénierie des connaissances**

La conception réalisation et diffusion de l'ouvrage « Electricité électronique : un siècle de développement automobile » est une première étape dans la diffusion des savoirs et la pérennisation de la culture du métier. La forme livresque est une forme spécifique, et son contenu est présenté d'une manière particulière, selon des critères d'historien.

Toujours dans la même optique de gestion des connaissances, la suite du projet a consisté à concevoir une forme plus dynamique et opérationnelle de cette base historique, afin de permettre aux ingénieurs de conception un accès rapide aux connaissances qui leur sont utiles et s'intégrer (ou au minimum s'articuler) avec les dispositifs existants de capitalisation des connaissances.

L'objectif a donc été de prototyper un « portail métier », pour restructurer la base des données historiques recueillie pendant le projet précédent, et le mettre à disposition sur les postes de travail en interne, avec une interface de navigation qui corresponde à l'expertise et la connaissance métier sur l'histoire du domaine. Il s'agit donc d'une re-conception et d'une réutilisation des résultats du projet d'histoire dans une optique d'ingénierie des connaissances. Ce portail métier s'adresse aux ingénieurs et techniciens du groupe PSA. Ce projet a permis de relever un certain nombre de points clés.

### **4.2.1 Recueil et diffusion des sources**

Le travail historique initial a permis de collecter un nombre considérable de documents de toutes sortes de grande valeur. Cependant, ce corpus n'a été géré qu'en vue de l'impression d'un livre imprimé. La collecte des fichiers sources du livre s'est avérée beaucoup plus fastidieuse et prenante que prévue initialement. En particulier, elle a nécessité de nombreux contacts avec les imprimeurs ainsi que des manipulations sur des logiciels professionnels très dédiés. Il a été heureusement possible de reconstituer une version électronique du livre (pour diffusion en ligne) et d'autre part de constituer une base de données iconographiques pour laquelle des demandes existaient déjà.

### **4.2.2 Méthode de restructuration de la connaissance**

Le choix a été fait, dans ce projet, d'utiliser la méthode MASK comme méthode de structuration des connaissances. S'agissant de connaissances historiques, il a donc été envisagé d'utiliser deux modèles structurants : le modèle d'historique et le modèle des lignées.

Le modèle d'historique (étapes et jalons) replace l'évolution de l'électricité et de l'électronique dans son contexte scientifique, technique et social, afin d'offrir une vue globale des conditions et événements ayant amené la connaissance dans le domaine traité. Toutefois, ce modèle ne correspondait pas au contenu du livre (le contexte historique dépasse largement l'objet des connaissances proprement dites) et n'a pas été utilisé.

Le modèle de lignée est plus adapté à la structure du livre et à l'étude de l'évolution des objets choisis tant que l'on ne s'intéresse pas explicitement aux interactions entre ces objets et le contexte. De manière générale, le modèle de lignées permet de décrire la généalogie des connaissances : lignées, moteurs d'évolution, apports et limites. Il offre ici un point de vue plus détaillé que l'historique pour retracer l'évolution des connaissances des objets traités dans l'ouvrage, en détaillant les facteurs, justifications et contraintes qui ont présidé à chaque passage de génération. Le modèle de lignée est donc ici mieux adapté au contenu du livre, qui s'attache à décrire le processus d'innovation avec ses déterminants, sa temporalité, ses acteurs, son contexte. En effet, toutes les évolutions décrites dans l'ouvrage sur chaque thème (ou objet) sont bien détaillées pour alimenter un modèle de lignée. Cependant, certaines données pour remplir le modèle (notamment les « moteurs de l'évolution » ou les « argumentaires ») ont nécessité un travail supplémentaire de recherche d'information ou de recueil auprès d'experts métier.

#### **4.2.3 Les interviews d'experts métier**

La particularité dans ce projet d'ingénierie des connaissances était l'existence de l'ouvrage au préalable de la modélisation, alors que la modélisation par la méthode MASK est classiquement utilisée pour élaborer le livre de connaissances, qui se traduit généralement ensuite par la publication d'un ouvrage. Cette antériorité a eu des conséquences importantes sur le déroulement.

D'une part, elle a permis de faciliter la modélisation et de rendre plus efficaces les entretiens avec les experts métiers. Les modèles ont pu être construits dans un premier temps sans faire appel aux experts. La seule information contenue dans l'ouvrage laissait cependant des trous dans l'information nécessaire à la modélisation, et surtout, elle ne permettait pas de valider les points de vue de modélisation retenus par l'ingénieur de la connaissance. Dans ce type de projet, complément au projet historique, le recours à des experts métier se révèle donc indispensable.

D'autre part, elle a permis de montrer que la quasi-totalité du matériel recueilli pendant le projet d'histoire pouvait être réutilisé pour le projet d'ingénierie des connaissances.

#### **4.2.4 La modélisation graphique**

Le projet historique a abouti à l'édition d'un ouvrage. La consultation d'un livre est une activité particulière tant au niveau processus qu'au niveau cognitif. Ce type de consultation ne se prête pas à une transposition directe sur un navigateur web. C'est pourquoi, même si une des premières tâches du projet d'ingénierie de connaissances a été de formater le livre sous une forme électronique pour le mettre tel quel en ligne, il était bien évident que c'était largement insuffisant pour un portail métier sur l'historique du domaine, accessible pour les ingénieurs sur leur poste de travail. C'est dans cette optique qu'a été conçue une interface graphique de navigation, basée sur les modèles de lignées de MASK. La modélisation graphique consiste à utiliser un langage graphique permettant de réaliser des schémas pour expliciter la connaissance dans un langage clair et naturel, immédiatement compréhensible par tous. Les modèles de lignées réalisés respectent les règles graphiques de la modélisation MASK (le logiciel Visio a été utilisé) (figure 8).

Pour la diffusion en ligne, les représentations graphiques ont été adaptées afin de prendre en compte les contraintes et possibilités de la consultation interactive. Un code couleur a été choisi à cet effet pour faciliter la lecture graphique de chaque lignée. D'autre part, les argumentaires sont accessibles par simple clic sur l'écran principal, ce qui permet d'alléger le schéma. Chaque élément du modèle graphique donne accès à un menu renvoyant aux liens correspondant aux autres éléments qui lui sont rattachés (texte, schéma, image), lorsqu'ils existaient dans l'ouvrage. Les liens vers le texte renvoient directement à la page correspondante du livre, dans laquelle les extraits pertinents sont mis en évidence par surlignement, ce qui a nécessité une lecture et un indexage systématique du livre au préalable. Les schémas et images tirés du livre ont été extraits, structurés dans une base de données et le lien renvoie vers l'élément graphique séparé du texte qui l'entourait dans le livre.

#### **4.2.5 Apports du projet d'ingénierie des connaissances**

Ce projet, d'une durée de six mois, a atteint son objectif, qui était de montrer que le projet d'histoire pouvait être poursuivi par un projet d'ingénierie des connaissances, dans une optique globale de Knowledge Management. Il a montré que tout le travail d'historien pouvait être réutilisé, moyennant une restructuration des données recueillies, via des indexations des textes et des bases de données iconographiques (travail qui aurait pu être prévu initialement). Il a montré l'utilité et la complémentarité d'une modélisation des connaissances, via une méthode d'ingénierie des connaissances structurée, afin de concevoir des interfaces graphiques de navigation dans un portail métier dédié. Il a montré également le caractère nécessaire de l'implication des experts métiers pour compléter la modélisation des connaissances.

Il est maintenant clair que le fait de mener de nouveau un tel projet avec la synergie entre les techniques d'histoire et celles d'ingénierie des connaissances aboutirait à un gain certain en termes de temps de recueil et de structuration des

données, en termes de qualité et richesse du contenu, et en termes de diversité des livrables produits (livre, bases de données, portail multimédia ...).

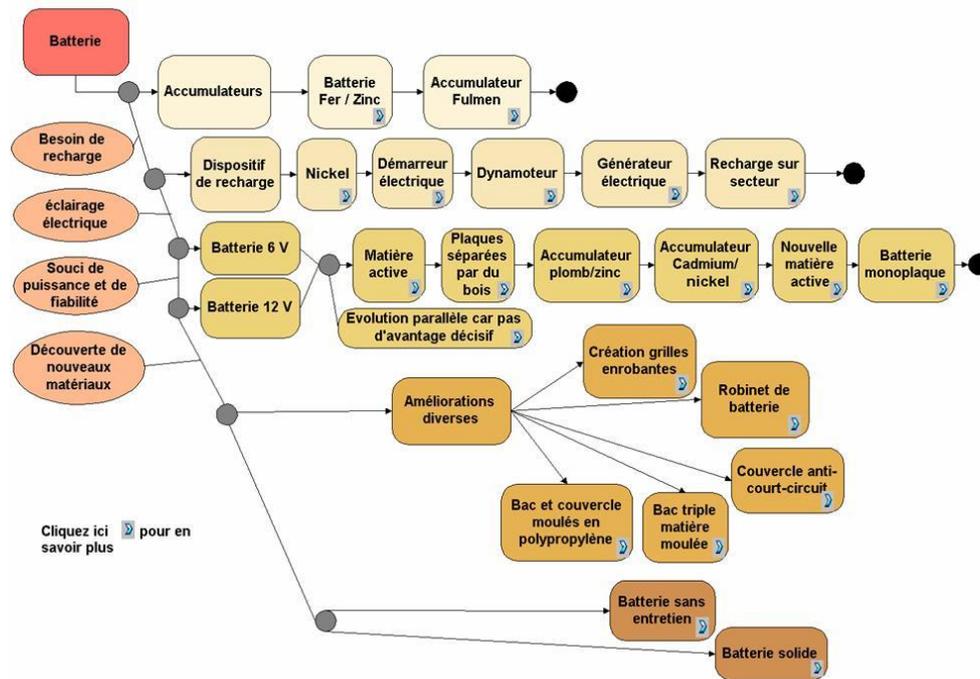


Fig. numéro 8 - Exemple de l'interface graphique pour l'accès aux données du livre historique

## 5 Conclusion

La capitalisation de l'histoire d'une technologie, d'une technique ou d'un concept au sein d'une organisation industrielle est a priori du ressort des historiens. Cependant elle dépasse largement la problématique historique quand elle s'inscrit dans une perspective de Knowledge Management. Replacée dans ce contexte, elle peut alors faire l'objet d'approches spécifiques, notamment grâce à l'ingénierie des connaissances. Cependant, cela se heurte pour l'instant à deux types de difficultés :

- Les techniques d'histoire disposent de peu d'outils de modélisation, et sont même plutôt réticentes à l'utilisation de tels outils
- L'ingénierie des connaissances s'est assez peu posé le problème de modéliser des connaissances historiques, retraçant l'évolution des connaissances.

Il est cependant possible de développer des méthodes, des outils et des techniques robustes et validées qui prennent en compte ces deux approches, qui, si elles fonctionnent en synergie, se révèlent riches et fécondes.

## 6 Références

- Barthelmé F. & Ermine J.-L. & Rosenthal-Sabroux C. (1998). An architecture for knowledge evolution in organizations. *European Journal of Operational Research*, 109, p. 414-427.
- Bekhti S. & Matta N. (2003). An Formal Approach to Model and Reuse the Project Memory. *Proceedings of I-KNOW'3, Industry meets Science*, Graz-Austria, July 2-4 2003
- Benhamou P. & Ermine J.-L. & Taran J.-P. & Tounkara T. & Waeters A. (2001). Évolution des connaissances et innovation, application à une technologie laser à l'Onera. *Extraction des connaissances et apprentissage*, 1-2, p. 279-290, Hermès.
- Boudon R. (1990). L'art de se persuader des idées douteuses, fragiles ou fausses, Point, Seuil.
- Brunet R. (1992). Les mots de la géographie. Reclus, La documentation française, 1ère éd.
- Conklin J. & Begeman M. (1988). gIBIS, a Hypertext Tool for Exploratory Policy Discussion. *ACM Transaction on Office Information Systems*, 6 (4), p. 303-331.
- Coriat B. & Weinstein O. (1997). Les nouvelles théories de l'entreprise. Collection "Références", Livre de poche.

- Courteille A. & Allot P. & Tarditi J.-P. & Ermine J.-L. & Le Coq M. (2001). Ingénierie des connaissances et innovation, application dans le domaine automobile. *Extraction des connaissances et apprentissage*, Vol 1, n° 4, p. 203-220, Hermès, 2001
- David P.A., & Foray D. (1994). Dépendance du sentier et économie de l'innovation : un rapide tour d'horizon. *Revue d'économie industrielle*, n° exceptionnel, Economie Industrielle : développements récents, p. 27-52.
- Deforge Y. (1985). Technologie et génétique de l'objet industriel, Maloine ed., Paris.
- Denton M. (1988). Evolution: a Theory in Crisis. Ed. Burnett Books Ltd, Londres. Trad. Fr. Evolution, une théorie en crise, Flammarion, Paris, 1992.
- Dieng R. & Corby O. & Giboin A. & Golebiwska J. & Matta N. & Ribière M. (2000). *Méthodes et outils pour la gestion des connaissances*, Dunod.
- Durkheim E. (1984). *La raison, l'évolutionnisme, théorie de l'hérédité*, Cours de philosophie du lycée de Sens, Bibliothèque de la Sorbonne, Manuscript 2351 p.
- Eichenbaum C. & Malvache P. & Prieur P. (1994). La Maîtrise du Retour d'Expérience avec la Méthode REX. *Performances Humaines & Techniques*.
- Ermine J.-L. & Waeters A. (1999). Knowledge Management and Capitalisation as a Support for Innovation. Human Centered Process, HCP'99, Brest, 22-24 septembre 1999, p. 155-161, 11<sup>th</sup> World Productivity Congress WPC'97, Edinburg, UK, 4-6 Octobre 1999.
- Ermine J.-L. (2000). *Les systèmes de connaissances*, Hermes sciences publications, Paris, 1996, deuxième édition 2000.
- Ermine J.-L. (2002). *La gestion des connaissances*. Hermès sciences publications.
- Ermine J.-L. & Matta N. (2003). *Initiation à la méthode MASK*, CD-ROM édité par l'Université de Technologie de Troyes, version 1.1.
- Eynard B. & Lemerrier M. & Matta N. (2001). Apports des technologies internet et du langage XML dans la constitution d'une mémoire de projet en conception de produits. *Actes de la conférence CITE2001*, p. 267-283, Troyes, Novembre 2001
- Grataloup C. (1996). *Lieux d'histoire, essai de géohistoire systématique*, Gip Reclus.
- Heudin J.-C. (1998). *L'évolution au bord du chaos*, Hermès, Paris.
- Jacomy B. (1990). *Une histoire des techniques*, Collection Points Sciences, Seuil, Paris.
- Jukes T.H. (1982). Aircraft Evolution. *Nature*, 295, p. 548.
- Klein M. (1993). Capturing Design Rationale in Concurrent Engineering Teams. *IEEE, Computer Support for Concurrent Engineering*, Jan. 1993.
- Le Moigne J.-L. (1990). *La théorie du Système Général, théorie de la modélisation*, P.U.F., Paris, 1977, 3ème édition mise à jour.
- Le Moigne J.-L. (1990). *La modélisation des systèmes complexes*, Afcet Systèmes, Dunod, Paris.
- Lewkowicz M. & Zacklad M. (1999). MEMO-Net, un collecticiel utilisant une méthode résolution de problème DIAP, pour la capitalisation et la gestion des connaissances dans la gestion de projets de conception. *Actes de la conférence IC'99*, Palaiseau, p. 119-128, 14-16 juin 1999.
- Longueville B. & Stal Le Cardinal J. & Bocquet J.-C. (2003). Toward a Project Memory for Innovative Design, a Decision-making Process Model. *ICED 03, 14<sup>th</sup> International Conference on Engineering Design*, Stockholm, Sweden, Août 2003.
- Loubet J.-L. & Griset P. & Larroque D. (2003). *Electricité Electronique un siècle de développement automobile*, Paris, PSA Peugeot Citroën, 367 p.
- MacLean A. & Young R.M. & Bellotti V.M.E. & Moran T.P. (1991). Questions, Options, and Criteria : Elements of Design Space Analysis. *Human computer Interaction*, Vol 6.
- Matta N. & Corby O. & Ribière M. (1999). Méthodes de capitalisation de mémoire de projet. INRIA, Rapport de recherche n° 3819, novembre 1999.
- Matta N. & Ribière M. & Corby O. & Lewkowicz M. & Zacklad M. (2000). Project Memory in Design- A Micro-level Approach. Rajkumar Roy (Eds), Springer Verlag.
- Morin E. (1990). Introduction à la pensée complexe. *Communication et complexité*, ESF éd., Paris.
- Piaget J. (1976). *Le comportement, moteur de l'évolution*, Gallimard, Paris.
- Rivière M. & Matta N. (1998). Virtual Enterprise and Corporate Memory. Proceedings of *Buliding, Maintaining and Using Organizational Memories*, ICCIMA'98, Churchill, Australia, Février 1998.
- Ridley M. (1989) *The problems of Evolution*, Oxford University Press, 1985, Trad. Fr.: L'évolution, Pour la Science, Diffusion Belin, 1989.
- Sapir E. (1967). *Anthropologie*, textes recueillis et commentés par Christian Baudelot, Editions de Minuit, Collection « Points », Paris.
- Snowden D. (1999). Story telling for the capture and communication of tacit knowledge. *Business Information Review* (1 of 2).
- Soulier E. & Caussanel J. (2002). La narration pour la compréhension et la résolution de problème collective. Actes du colloque *IC'2002*, Rouen 28-30 Juin 2002.
- Torres-Carbonell J. J. & Parets-Llorca J. (1996). Biological evolutive models applied to the evolution of software systems. *Congrès Européen de Systémique*, Roma.
- Versailles (1999). La place de l'évolutionnisme dans la théorie hayekienne de l'auto-organisation. *Cahiers d'Economie Politique*, n° 35, automne 1999.