Évolution dans l'industrie du métier d'ingénieur cogniticien ou d'ingénieur de la connaissance entre 1985 et 2015

Alain BERGER[1]

ARDANS SAS
6 rue Jean Pierre Timbaud, "Le Campus" Bâtiment B1,
78180 Montigny-le-Bretonneux, France
aberger@ardans.fr
www.ardans.fr

Résumé : Les premiers ingénieurs de la connaissance ou ingénieurs cogniticiens sont apparus dans l'industrie avec l'arrivée des systèmes experts dans le milieu des années 1980. Les mutations des technologies, les évolutions du rôle de l'informatique dans les organisations, la confusion issue de la vulgarisation du "knowledge management" font que ce métier d'ingénieur de la connaissance reste méconnu et ce malgré toute sa valeur ajoutée. L'article constitue un regard sur l'évolution de ce métier empreint d'humilité et d'humanité dans la mutation de l'environnement industriel de ces trente dernières années en France.

Mots-clés : Ingénieur Cogniticien, Ingénieur de la Connaissance, Système expert ou Système à base de connaissance, *Knowledge Management*, Pérennisation d'expertise, Évolution du métier de l'ingénieur dans l'industrie.

1 Il était une fois...

Il était une fois une discipline enseignée à l'université de Paris qui s'appelait l'INTELLIGENCE ARTIFICIELLE (ou IA) et que j'ai eu le bonheur de découvrir dès l'initiation en premier cycle avec le Professeur Jean-Louis Laurière. À la fin de l'année de DEA [1], j'ai opté pour la voie de l'industrie, quand d'autres restaient dans des laboratoires de l'université ou entraient dans des services IA de grandes entreprises privées ou publiques.

À cette période, l'informatique était une réelle épopée. Il y a ceux qui rejoignaient cette filière pour l'aspect lucratif ou simplement alimentaire, et d'autres pour les horizons nouveaux et lointains plus merveilleux les uns que les autres. Quand le monde de la gestion ressemblait à un terminal à caractères de type `VT100` comprenant 40 lignes sur 80 colonnes, je choisis le monde des machines LISP (Dandelion de Xerox, Symbolics ou TI Explorer) dotées de souris à plusieurs boutons et d'écrans avec des résolutions dignes du XXIème siècle !

Les acteurs industriels étaient nombreux et actifs (Aerospatiale, Air France, Banque de France, BSN, Bull, CEA, CNES, CNET, Compagnie Générale d'Electricité, Avions Marcel Dassault, DGA, Electricité de France, Elf, Framatome, Gaz de France, Philips, PSA Peugeot Citroën, Renault, SNCF, Sollac, Thomson, etc.) et les premières sociétés de services en ingénierie spécialistes IA éclosaient (Cognitech, Framentec, ITMI, CRIL, Ingenia, Tecsi...) ainsi que des premiers éditeurs (Cediag, Ilog, Cosytec, Euro Decision, O2 Technology, Prologia...) voire constructeur (AMAIA).

1. Le DEA pour Diplôme d'Études Approfondies était la cinquième année après le baccalauréat qui suivait la maîtrise et celle qui initiait à la recherche pour aller jusqu'à la thèse.

Les premières méthodes jaillissaient de la recherche comme de l'industrie : KOD (Vogel, 1988), SAGACE (J.M, 1990), KADS (Schreiber *et al.*, 1993), REX (Malvache, 1993), CORPUS (Grundstein, 1996), MKSM (Ermine *et al.*, 1996), MEREX (Corbel, 1997), GAMETH (Grundstein, 2000), ...

Quel foisonnement de talents, avec des parcours de formation très variables : des mathématiques, à l'algorithmique, de l'architecture à la médecine, dans des écoles d'ingénieurs, des laboratoires d'université en France comme aux Etats Unis... un réel brassage d'humains curieux à l'idée de valoriser les savoirs et savoir-faire détenus par les « experts ». Pour autant, après l'enthousiasme des années 1980-1995, le lancement d'opération de systèmes expert dans l'industrie chutait drastiquement. D'autres technologies dite « Collecticiel » puis basées sur internet allaient prendre le relais.

1.1 Cogniticien *vs* Ingénieur de la connaissance

Les mots « Cogniticien » et « Ingénieur de la Connaissance » apparaissent respectivement avec la société Cognitech en 1983 et avec la société Framentec en 1984. L'histoire retiendra que « Cogniticien » est même déposé à l'INPI par Jean Michel Truong (Fondateur de Cognitech) quand la traduction littérale de « *Knowledge Engineer* » est retenue par la seconde.

1.1.1 Cogniticien

Pour être très précis, Jean Michel Truong [2] propose les définitions suivantes :

- **Cognitique :** discipline scientifique et pratique technique, branche de l'informatique, qui a pour objet l'acquisition et la représentation formelle des connaissances et des modes de raisonnement, en vue de leur simulation à l'aide d'ordinateurs.
- **Cogniticien :** spécialiste de la cognitique.

La conséquence d'une telle définition est que certains observateurs ont considéré que le « Cogniticien » était une sorte de guru particulièrement habile et talentueux dans la mise en forme des règles dans le langage des moteurs d'inférence des systèmes experts.

1.1.2 L'ingénierie de la connaissance : l'outil de la mémoire collective

1.1.2.1 La genèse de cette définition

J'ai encore ce souvenir d'échanges avec Michel Grunstein (Grundstein *et al.*, 1988) dans les années 88-90, où il pointait une différence entre le cogniticien qui déploie une approche influencée par l'« outil » quand l'ingénieur de la connaissance s'intéressait d'abord à « l'expert en situation de travail ».

Marqué par cette vision, il m'a paru évident qu'Ardans pratique ce métier de l'ingénierie de la connaissance où *in fine* la technique n'est là que pour révéler l'humain et l'aider à accoucher, à formaliser ce qu'il porte implicitement ou inconsciemment dans sa pratique.

Ardans pratique l'ingénierie de la connaissance principalement dans les classes de situations organisationnelles suivantes : une expertise individuelle, une expertise d'un service ou des ser-

2. www.jean-michel-truong.com/systemes_experts/page/introuvable.html

vices d'un département d'une entreprise, une expertise distribuée dans un réseau d'entités qui appartiennent à différentes organisations.

1.1.2.2 Ingénierie de la connaissance

On définit (Berger & Cotton, 2011) par **ingénierie de la connaissance** (IC), ce métier de l'Intelligence Artificielle qui est né avec la technologie des systèmes experts dans les années 1970, lors de la rédaction des règles et des premières bases de connaissances "*déclaratives*". Cette discipline aujourd'hui couvre tout un cycle depuis l'émergence d'un élément de connaissance, sa détection, sa structuration, son mûrissement en termes de contenu, son expression (via une définition claire, non ambiguë, la rédaction étant appuyée par des illustrations si nécessaire), son applicabilité (en termes de domaine d'usage, de droit à en connaître en termes de publication ou de d'habilitation, de durée de vie ou de péremption), et bien sûr de validation (appréciation d'expert, justification, degré de preuve). Toutes les étapes de cette maturation sont liés à une interaction, une discussion à la fois libre et orientée entre l'« expert » et l'« ingénieur de la connaissance ». Par le fruit de l'écoute, de la reformulation, la parole de l'expert se déclinera à des fins d'illustration, de justification, de relation, en formule, en texte, en schéma, en renvoi vers une note, un document, un résultat...

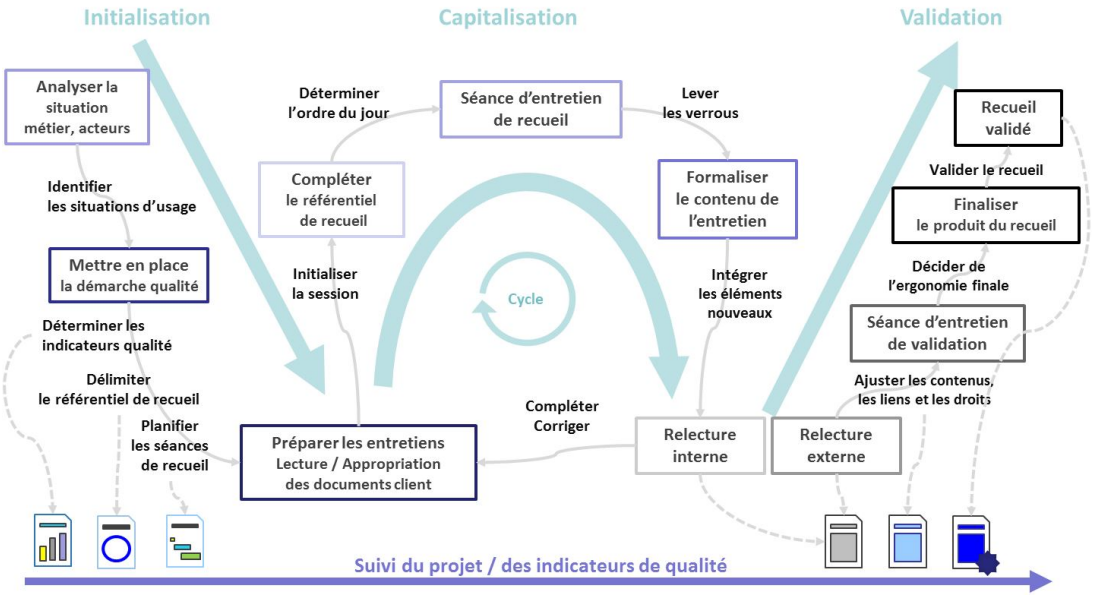

FIGURE 1 – Le cycle en Ω de capitalisation des connaissances.

Le recueil d'expertise correspond à tout un processus, tel que décrit par le cycle en Ω (cf. figure 1 (Coppens *et al.*, 2006; Besson & Berger, 2015)), qui est maîtrisé par l'ingénieur de la connaissance.

Cette transformation de l'oral vers l'écrit se traduit en numérique bien évidemment.

Lorsque l'on travaille sur la **mémoire collective** d'un domaine métier, il convient aussi d'orchestrer les différents modèles qui porteront les éléments de connaissances, de poser les liens

entre les éléments en relation, et de classifier ces éléments par rapport à des concepts ou des ontologies intelligibles, distinctes, complémentaires et non contestables.

1.2 Les caractéristiques de l'Ingénieur de la connaissance

A quoi ressemble aujourd'hui ce type de profil que l'on nomme « ingénieur de la connaissance » ? Comme la question est fréquente et comme il n'existe toujours pas de cursus académique indiscutable, il est intéressant d'apprécier cette proposition en sept facettes :

1. **Habilitation :** cette caractéristique qui paraît subjective est aussi une clé de l'industrie. L'ingénieur de la connaissance va avoir à disposition des informations sensibles, singulières, qui sont un élément de performance de l'organisation. L'ingénieur de la connaissance doit être un individu avec des dimensions « éthique », de probité, de rigueur, de respect, des règles implicites et explicites de l'organisation. L'habilitation est une dimension extrêmement prégnante dans la période que nous vivons.
2. **Scientifique :** les ingénieurs de la connaissance sont principalement des scientifiques. Il est bien clair que le métier s'applique d'abord pour les métiers de l'industrie, de la science, ou de la finance. Il est certain que l'ingénieur de la connaissance doit disposer de talents épistolaires et avoir l'aptitude à rédiger de manière claire, non ambiguë et synthétique.
3. **Techniques d'entretien :** la discussion, le dialogue ont pour but, par les reformulations successives, d'aider l'expert à expliciter ses savoirs, ses expériences, ses convictions... L'art qui consiste à obtenir de l'expert à trois reprises, et sans le froisser, le « je ne sais pas » qui assure à l'ingénieur de la connaissance d'avoir atteint une limite à son instruction, est une discipline qui nécessite de la formation et de la pratique (Berger, 2015; Delmas, 2015). Cette technique est entraînée par un moteur qui se nomme « curiosité [3] ». Comment expliciter et réveler de la connaissance sans grande curiosité, sans faim de connaître ?
4. **Techniques de rédaction :** la communication avec l'expert doit se traduire fidèlement dans la restitution pour un futur consommateur de cette connaissance formalisée. L'écriture doit donc être fidèle, précise et exhaustive pour être validée par l'expert, et intelligible, non ambiguë et argumentée pour être appréciée par son destinataire. Si l'« écrivain public » rédige pour le compte de celui qui ne sait pas écrire, l'ingénieur de la connaissance a le devoir de comprendre les fondements de la position de l'expert afin de pouvoir restituer l'essence de son savoir le plus fidèlement possible. Il ne s'agit pas forcément d'une simple rédaction, mais plutôt d'une reformulation dont la valeur ajoutée est liée aux trois caractéristiques majeures que sont, la fidélité à la vision de l'expert, la consistance par rapport au patrimoine de connaissance nourri par les nouveaux éléments de connaissance, la clarté dans la restitution du message cognitif délivrée au futur lecteur.
5. **Techniques de modélisation :** Comment remettre en ordre toute une avalanche de phrases afin de proposer des restitutions qui permettent à un candide de trouver la bonne réponse

3. Merci à Jean-François Gelin qui, dans notre échange, argumentait son propos par cette citation (Gelb, 2004) de Léonard de Vinci (1452-1519) « *toutes nos connaissances ont pour origine notre perception* ».

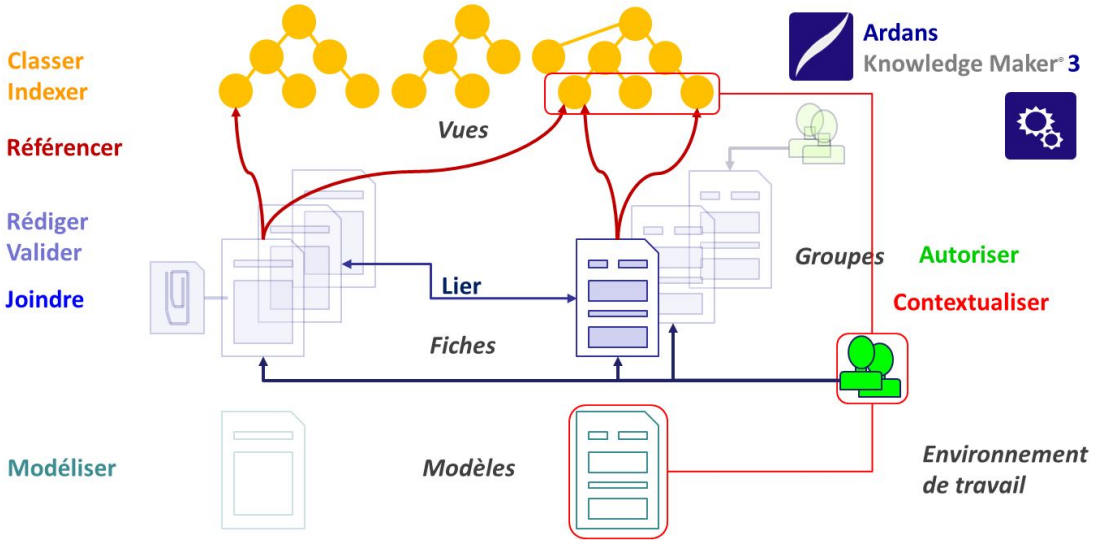

FIGURE 2 – Éléments de modélisation pour un IC dans l'industrie avec Ardans®.

à son interrogation... en trois clics ? Là est le défi. Entre les systèmes experts des années 1975-1995 et les plates-formes d'ingénierie de la connaissance d'aujourd'hui (cf. figure 2), les outils de modélisations et de structuration ont évolué (Mariot *et al.*, 2007; Besson & Berger, 2015) et les résultats de la formalisation ne sont pas les mêmes.

6. **Informatique :** Ces techniques de modélisation vont jusqu'à avoir une appétence dans certains outils informatiques pour explorer voire introspecter les bases de connaissances (Vexler *et al.*, 2013a) afin d'en apprécier leur consistance et leur qualité. Il y a aussi la maîtrise des outils de valorisation de la connaissance recueillie (animations, schémas, photographie, vidéos...) et l'interopéabilité entre la base de connaissance et d'autres applications de l'environnement de travail de l'utilisateur ciblé pour consommer l'expertise colligée (outils de CAO, de calcul, de gestion documentaire ou métier...). Les travaux du W3C sur le web sémantique sont aussi des pistes avec de nouveaux outils potentiels à explorer [4].

7. **Humain :** Si l'ingénieur de la connaissance travaille sur l'expérience et le savoir technique de l'expert, c'est sa compétence humaine qui est particulièrement impressionnante. Sans connaissance sur le domaine *a priori*, l'ingénieur de la connaissance apprend à partir des éléments mis à disposition par l'expert. Il s'imprègne des documents principaux fournis par l'expert puis va préparer des entretiens où il confronte avec l'expert ses perceptions. C'est en établissant un dialogue avec l'expert basé sur des reformulations que le binôme accouche de l'expertise. Ensemble, ils vont structurer, formaliser, qualifier et valider les contenus qui seront consignés dans les éléments de connaissance qui constitueront la fourniture... Les relations dans ce binôme évoluent au fur et à mesure que le

4. Concernant les spécifications du W3C dans le cadre du Web sémantique, on note l'émergence d'interfaces linguistiques (languages contrôlés comme CNL(Kuhn, 2014), ACE (Fuchs & Kaljurand, 2008), ...) destinés à la reformulation des concepts et règles logiques (avec *modus ponens*, modalités, quantification et multitude d'opérateurs) en référence à des modules ontologiques.

travail avance. La relation humble et respectueuse qui prévaut initialement évolue vers une complicité quand le travail en commun révèle et rassemble des éléments précieux de l'expérience de l'expert. Cette dernière aptitude qui relève du savoir-être, porte tant le besoin de curiosité, que l'humilité de celui qui va questionner.

1.3 Et l'expert dans le dispositif ?

L'ingénieur de la connaissance pratique son art conjointement avec l'expert qui au départ de l'opération est naturellement dubitatif : « pensez-vous vraiment récupérer en quelques heures une vie de travail ? » A vrai dire, ce n'est pas une vie de travail qui est le but de ces prestations. Ce sont plutôt les bonnes réponses aux questions pointues d'aujourd'hui, les retours d'expérience de projets majeurs et aussi la vision de demain qui sont attendues. L'expert sera surpris de constater qu'*in fine* il en saura plus sur ce qu'il sait déjà. Il sera ravi de découvrir le résultat de la reformulation qu'il aura validé et qui lui aurait pris dix fois plus de temps s'il l'avait fait seul. Sans compter le plaisir d'être à l'origine d'un contenu bien rédigé, joliment illustré, aisément manipulable et très pratique pour retrouver des bonnes réponses ! L'expert doit être rassuré, il ne sera pas dépossédé de son expertise : elle lui sera reconnue !

2 Et maintenant...

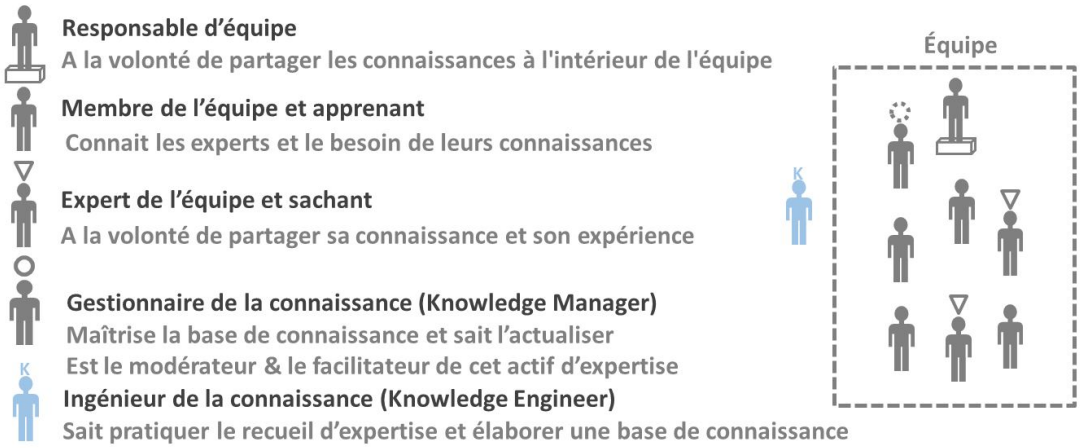

FIGURE 3 – Les parties prenantes d'un système de pérennisation d'expertise dans l'industrie.

2.1 Les schémas actuels d'intervention

Si les technologies informatiques ont particulièrement évolué dans le dernier quart de siècle [5], force est de constater que les organisations ont été impactées dans cette période par le transfert

5. J'invite le lecteur à découvrir la vision de l'évolution de l'ingénierie de la connaissance sur cette période avec le regard avisé et académique de Nathalie Aussenac (Aussenac-Gilles, 2014) et fr.slideshare.net/aussenac/aussenac-confinviteic2014-histoire-ic25ans.

de pouvoir marqué par une toute puissance de la direction financière au détriment de la direction technique. La conséquence de ce constat est que le temps s'égrénant, les « anciens » quittent l'entreprise et que leurs savoirs et savoir-faire n'ont pas été transmis, où s'ils l'ont été, rien ne garantit que leurs successeurs n'aient eu le temps d'en maîtriser toutes les dimensions. Heureusement, il existe des organisations où l'horizon ne se limite pas au *quarter* et où la pérennisation de la connaissance est appréciée comme un actif moins onéreux à faire vivre qu'à avoir à recréer. Il est implicite que le mot « connaissance » employé ici, correspond à une expertise qui n'existe pas, de près ou de loin, dans l'univers accessible par le commun des mortels disposant d'une liaison internet. Dans le monde de l'industrie voire de la défense, le droit à en connaître est une notion qui précise bien le caractère précieux du savoir ; on est alors assez loin des concepts de démarches de production participative présentées comme vertueuses de « *crowd sourcing* » ou de « *crowdcrafting* ».

Pour revenir au rôle de l'ingénieur de la connaissance dans l'industrie, on s'appuiera sur les deux figures 3 et 4 qui présentent les acteurs associés à une opération classique de mise en place d'un système de pérennisation d'expertise dans l'industrie et son déroulement.

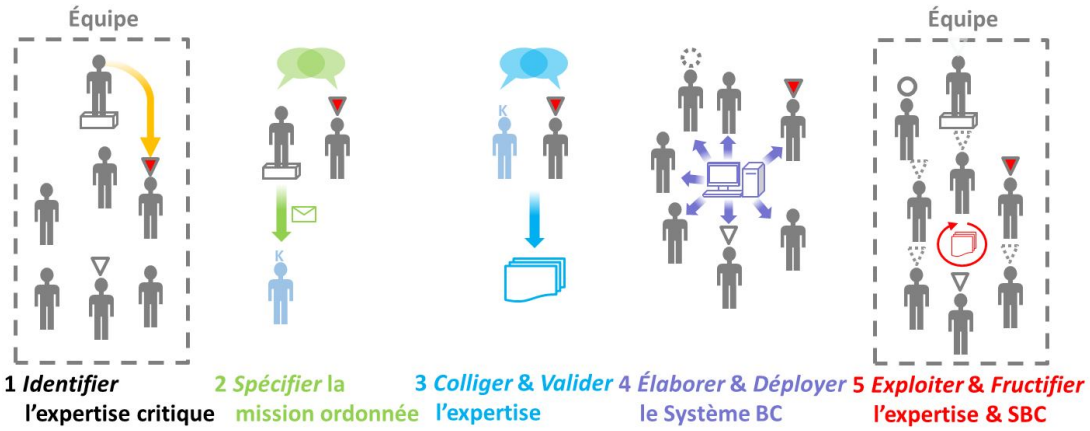

FIGURE 4 – Synopsis d'implantation industrielle d'un système de pérennisation d'expertise.

L'ingénieur de la connaissance est un acteur externe à l'équipe où travaille l'expert. Il intervient à partir de l'ordre de mission jusqu'à la livraison du dispositif à cette équipe. On observe que l'ingénieur de la connaissance s'immerge dans le « métier » au départ, puis apprécie l'équipe et ses membres qui auront à s'approprier le contenu puis à le faire fructifier dans le temps. L'analyse de la situation d'usage futur de cette consommation de connaissance est aussi un point que l'ingénieur de la connaissance doit anticiper et intégrer dans sa mission.

2.2 Les cartographies

Avant de conclure sur ce regard lié au métier de l'ingénierie de la connaissance, nous observons l'intérêt de nos clients à mesurer la qualité des bases d'expertise et à mieux appréhender les facettes qui composent l'expertise (pour des besoins de qualification de compétences requises pour intégrer une équipe par exemple) voire les trous de connaissance (ou « a-connaissance »

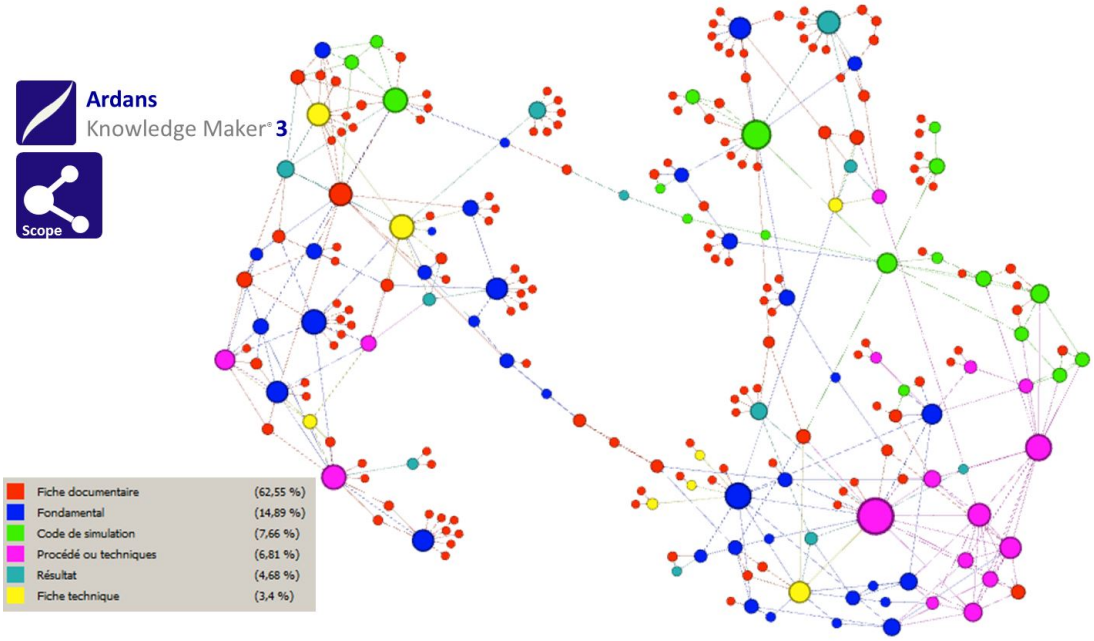

FIGURE 5 – Distribution des éléments de connaissances, leurs liens et leur nature de modèle.

(Vexler *et al.*, 2013b)). Ces cartographies sont une restitution riche et aussi un outil précieux pour l'IC.

Voici un exemple basé sur un projet réel d'opération de pérennisation d'expertise dans le prolongement des travaux présentés par François Vexler(Vexler *et al.*, 2013a,b). A des fins didactiques les trois cartes présentées sont superposables et portent des filtres complémentaires sur ce même corpus d'expertise pérennisé. Dans la cartographie présentée dans la figure 5, chaque cercle représente un élément de connaissance capitalisé. La couleur est liée à la nature du modèle qui a été utilisé pour recueillir l'expertise. Comme pour MATEO(Mathieu *et al.*, 2014), dans cette capitalisation, 6 modèles ont été élaborés (Fiche documentaire, Fondamental, Code de simulation, Procédé ou technique, Résultat, Fiche technique). La taille du cercle est lié au nombre de connexion qui arrivent à l'élément de connaissance considéré. L'absence d'élément isolé et la nature de la distribution permettent d'apprécier la qualité de la base.

Ici les deux parties gauche et droite, ainsi que les deux ponts constituent une signature remarquable de cette base.

En se penchant sur la figure 6, on valorise tout l'intérêt d'une démarche d'ingénierie de la connaissance rigoureuse sur la qualité de la validation réalisée par l'expert.

Pour un élément de connaissance, chaque contenu est validé individuellement. Mais les liens d'accrochages aux arborescences de classification (ontologies, points de vue...) qui structurent le langage du métier et les liens de voisinages aux autres éléments de connaissance, sont aussi des relations qualifiées et validées par l'expert.

Lorsque ce réseau constitué est présenté à des algorithmes d'agrégation, on voit apparaître des différentes facettes constitutive de l'expertise formalisée.

Ce point devient un élément riche pour les caractéristiques « compétences » à maîtriser et

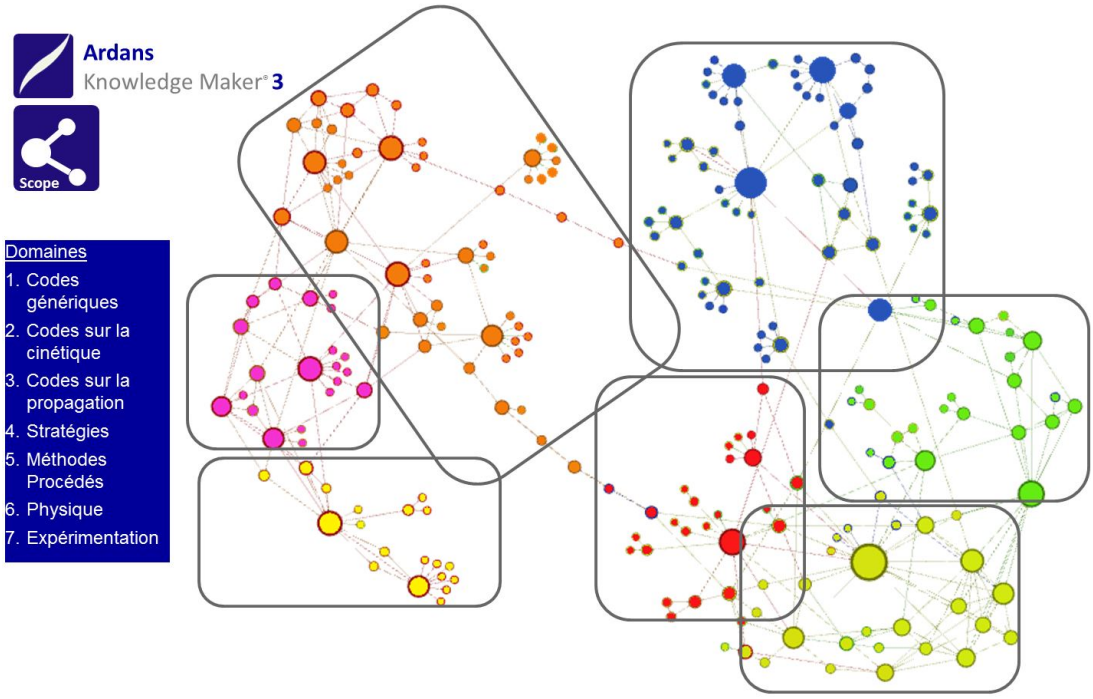

FIGURE 6 – Restitution d'un algorithme type Atlas pour faire émerger des agrégats d'EC.

donc à transférer vers des nouveaux acteurs sur le métier de l'expert.

Cette carte de la figure 7 correspond à un histogramme de la constitution de la base.

Elle reflète tout l'apport de la démarche d'ingénierie de la connaissance dans un projet de pérennisation d'expertise.

Le consultant et l'expert ont travaillé ensemble sur une partie déjà bien formalisée dans un premier temps : côté droit.

Puis, avec une technique de symétrie - l'image des ailes du papillon est très évocatrice -, l'IC et l'expert se sont penchés symétriquement sur la partie, côté gauche, où l'expert n'avait pas eu le temps de formaliser et de rédiger autant de notes techniques sur ce sujet extrêmement pointu.

Au cours de ce deuxième temps, l'expert s'est remémoré des éléments pour enrichir la partie droite. Alors qu'au milieu de la prestation l'expert était satisfait du travail sur cette partie droite, il s'est avéré qu'elle fut enrichie jusqu'à la fin de la réalisation de la prestation.

Cette représentation corrobore ce que constatait déjà Michel Grundstein 'Travailler sur la connaissance génère de la connaissance !' (sic).

3 Conclusion

Le métier d'ingénieur de la connaissance est donc lié à une discipline qui a évolué ces trente dernières années. La forte raréfaction des opérations de réalisation de système expert d'une part, et les arrivées d'outils de collaboration, puis de plates-formes dédiées à la pérennisation des expertises n'y sont pas étrangères. Avec ces nouveaux moyens, le métier a atteint un degré de qualité dans la mesure des contenus recueillis qui offre des analyses objectives nouvelles.

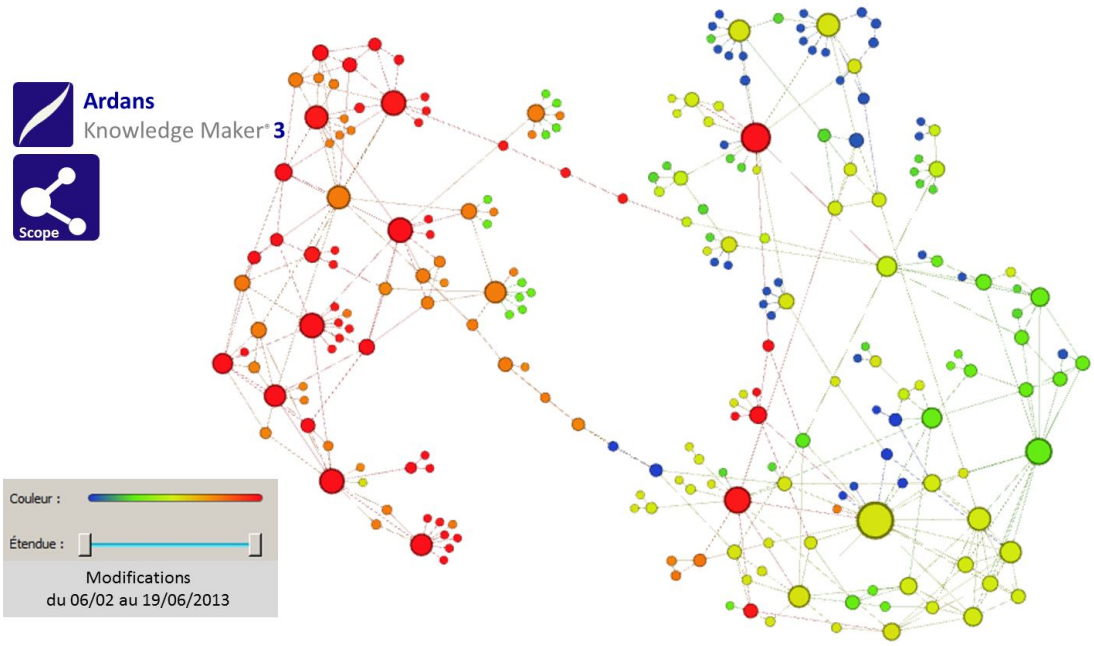

FIGURE 7 – Chronographie de recueil d'expertise : la connaissance génère de la connaissance.

Les résultats des actions de pérennisation de connaissance sont d'une part un recueil validé de l'expertise, mais aussi une abstraction des domaines sous-jacents qui la compose. L'ingénieur de la connaissance dispose aujourd'hui de moyens cartographiques pour aider les experts à mieux restituer leurs savoirs et pour accompagner les managers à apprécier la complexité des disciplines qui concourrent à cette expertise.

Ce métier qui est au confluent des sciences humaines (psychologie, communication, management), de l'informatique, de la technique et de la langue est particulièrement exigeant pour celle ou celui qui le pratique. Il mérite d'être mieux reconnu dans les organisations et d'être enseigné avec soin dans les établissements académiques.

C'est certainement l'un des métiers où l'on réalise parmi les plus belles rencontres d'êtres passionnés : ces humains qui sont reconnus comme des « Experts ».

Références

AUSSENAC-GILLES N. (2014). De la pénurie à la surabondance de connaissances : évolution de l'ingénierie des connaissances en France depuis 25 ans (www.irit.fr/CMS-DRUPAL7/IC2014/sites/irit.fr.CMS-DRUPAL7.IC2014/files/ConfInvitée1_Aussenac_histoireIC25ans.pdf). Conférencier invité.

BERGER A. (2015). Expertise's capture in knowledge engineering : elements of return of experience of ardans. *EIRMA : SIG KM*.

BERGER A. & COTTON J. (2011). Construire une mémoire collective de l'entreprise : la gestion des connaissances (www.ardans.fr/doc/AFIA_Communication.pdf). *AFIA n° 72*, p. 70–73.

BESSON V. & BERGER A. (2015). To initiate a corporate memory with a knowledge compendium : ten years of learning from experience with the ardans method. *Revue des Nouvelles Technologies de l'Information*, Extraction et Gestion des Connaissances, RNTI-E-28, 401–412.

COPPENS C., LAROQUE-MALBERT J., BERGER A., MARIOT P. & COTTON J. (2006). La capitalisation des connaissances dans l'industrie : implanter un référentiel métier et le déployer : l'exemple d'Icare (www.irit.fr/SDC2006/cdrom/contributions/Alainberger_SDC2006.pdf). *Actes de SdC 2006*.

CORBEL J. (1997). *Méthodologie et retour d'expérience : démarche MEREX de Renault*. Paris : Hermès.

DELMAS D. (2015). Acquérir des connaissances expertes par des techniques d'interview adaptées. *Université de Genève OVSM*.

ERMINE J., CHAILLOT, M.AND BIGEON P., CHARENTON B. & MALAVIELLE D. (1996). MKSM a method For knowledge management. In S. ED., Ed., *International Symposium on the Management of Industrial and Corporate Knowledge (ISMICK'96)*, p. pp.288–302, Rotterdam , Neederlands.

FUCHS N. & KALJURAND, K.AND KUHN T. (2008). Attempto controlled english for knowledge representation. volume Number 5224 of *Notes in Computer Science*, p. 104–124. Springer.

GELB M. (2004). *How to think like Leonardo da Vinci*. London : Thorson.

GRUNDSTEIN M. (1996). "CORPUS," An Approach to Capitalizing Company Knowledge. In A. PROCEEDINGS., Ed., *The Fourth International Workshop on Artificial Intelligence in Economics and Management*, Tel-Aviv, Israel.

GRUNDSTEIN M. (2000). From capitalizing on company knowledge to knowledge management. *Knowledge Management, Classic and Contemporary Works by Daryl Morey, Mark Maybury, Bhavani Thuraisingham*, **chapter 12**, 261–287.

GRUNDSTEIN M., DE BONNIERES P. & PARA S. (1988). *Les Systèmes à Base de Connaissances, Systèmes Experts pour l'Entreprise.* Paris La Défense : AFNOR Gestion.

J.M P. (1990). SAGACE : une représentation des connaissances pour la supervision de procédés, Systèmes Experts de deuxième génération. In *EC2 (Ed.)*, p. paper 8, Avignon, France.

KUHN T. (2014). A survey and classification of controlled natural languages. *Computational Linguistics*, **40**(1), 121–170.

MALVACHE, P.AND PRIEUR P. (1993). Mastering Corporate Experience with the REX Method, Management of Industrial and Corporate Memory. In *International Symposium on the Management of Industrial and Corporate Knowledge (ISMICK'93)*, p. pp.33–41, Compiègne, France.

MARIOT P., GOLBREICH C., , COTTON J. & BERGER A. (2007). Méthode, Modèle et Outil Ardans de capitalisation des connaissances (www.med.univ-rennes1.fr/lim/doc_166.pdf). *RNTI EGC 2007*, RNTI(E-12), 187–206.

MATHIEU D., VEXLER F., BERGER A., HAIRAULT L. & SIMONETTI P. (2014). Retour d'expérience d'une opération de capitalisation de connaissance sur le dispositif d'analyse moléculaire MATEO. (www.irit.fr/CMS-DRUPAL7/IC2014/sites/irit.fr.CMS-DRUPAL7.IC2014/files/Berger_IC2014.pdf). *Session spéciale "Projet et Industrie"*.

SCHREIBER G. ., WIELINGA B. & .J B. (1993). *KADS : A Principled Approach to Knowledge-based System Development*. San Diego : Academic Press.

VEXLER F., BERGER A., COTTON J. & BELLONI A. (2013a). Eléments d'appréciation et d'analyse d'une base de connaissance : l'expérience industrielle d'Ardans. (http://eric.univ-lyon2.fr/aide/actesAIDE_EGC2013ENLIGNE.pdf. *Actes Atelier AIDE @ EGC'2013, 13ème Conférence Francophone sur l'Extraction et la Gestion des Connaissances*, Actes-Aide(EGC2013), 59–72.

VEXLER F., BERGER A., COTTON J. & BELLONI A. (2013b). Représentation et visualisation de connaissances expertes : une préoccupation industrielle. *Actes Journées EGC- AFIHM*, **.**

VOGEL C. (1988). *Génie cognitif.* Paris : Masson.