

L'expérience permet d'acquérir l'expertise

informatique et gestion

Techniques innovantes en informatique

Luc Rubiello

HERMES

1.5. Connaissance(s)

Pour un informaticien, la définition des entités qu'il manipule ne pose pas de problème insurmontable, ce qui autorise une analogie simple entre la machine et l'homme : un ordinateur constitue la partie physique hors les substances blanche et grise situées à la surface des hémisphères cérébraux : c'est le corps incluant la tête mais sans les substances blanche et grise à la surface des hémisphères cérébraux de l'homme. La partie logique ("les substances blanche et grise" de la machine) est composée de données, d'informations, de connaissances et de traitements : une donnée est le constituant élémentaire, "l'atome" de la partie logique. Une information est un ensemble de données ayant subi un traitement : calculs et recherches multi-critères essentiellement ; c'est "la substance blanche" de la partie logique.

Une connaissance est le résultat d'un traitement spécifique constitué d'inférences et d'inductions en réponse à une question externe. Le système qui réalise ces inférences et ces inductions et qui est à la base de la production de ces connaissances

est naturellement appelé système à base de connaissances : c'est "le cortex" de la partie logique, l'équivalent de la substance grise composée d'une couche de 5 mm de neurones à la surface des hémisphères cérébraux de l'homme.

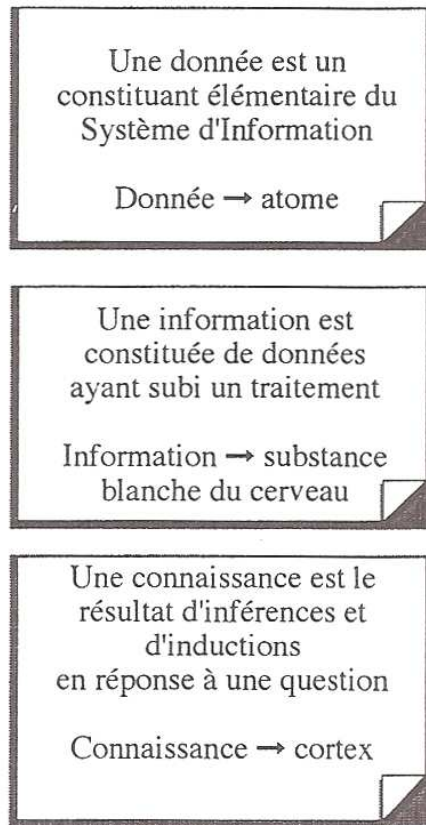


Figure 1.5. Donnée, information et connaissance

Il y a donc une gradation directe (une "montée en puissance") entre les entités en présence et, comme l'informaticien est surtout concerné par les niveaux "donnée" et "information", la connaissance n'est ni un problème ni une interrogation journalière.

Pour le logicien, une connaissance se définit comme une croyance justifiée à l'intérieur d'un contexte. Pour un ingénieur de la connaissance, il n'y pas une manière simple pour caractériser l'ensemble des faits et des stratégies de raisonnement associées qui interviennent dans un processus de résolution de problème. De la même manière qu'un maçon empile les briques pour faire un mur, l'homme utilise des concepts individuels pour parfaire sa compréhension symbolique du monde. Un concept est un symbole qui tient lieu de caractéristique commune ou de relation entre des objets ou des événements qui sont normalement différenciés.

Les concepts empilés par un être humain adulte ressemblent à des tiroirs d'un système de classement de bibliothèque. Un concept en lui-même aura beaucoup de "fiches" répertoriées, contenant des informations et des relations avec d'autres fiches.

Il n'y a pas de moyen pour quantifier le nombre de fiches, ni le nombre de concepts même si on restreint le domaine étudié.

Par exemple, le concept "cheval" (contenu dans une multitude de "tiroirs" chez un jockey ou un éleveur) contiendra des fiches du type :

Concept	cheval
Définition	quadrupède avec crinière
Attributs	mammifère, sabots, domestique
Relation	mammifère
Historique	"Roquépine" gagna le derby en 1960

En plus d'être difficilement dénombrables, les concepts sont particuliers pour chaque personne. Les définitions sont déterminées par ce que nous percevons comme attributs et caractéristiques saillantes de chaque concept. Ces caractéristiques saillantes sont à la base du processus de rappel d'informations importantes et de la hiérarchisation des concepts chez l'homme.

Prenons deux concepts pourtant peu sujets à controverse : le sucre et le sel. Les fiches peuvent ressembler à :

Caractéristiques	Sucre	Sel
Couleur	Blanc	Blanc
Texture	Grain	Grain
Taille	Petit	Petit
Goût *	Sucré	Salé
Fonction *	Adoucir Nourriture	Pimenter N.

* Goût et fonction sont des caractéristiques saillantes pour des personnes intéressées par l'art culinaire. Un chimiste, lui, déterminera d'autres caractéristiques (formules) qui apparaîtront en premier dans son contexte habituel de travail.

Une hiérarchisation des concepts est une classification ou un arrangement des associations qui forment un concept. Au sommet de la classification se trouvent les associations les plus fortes (formule pour le chimiste, goût pour le cuisinier) et les plus faibles sont reléguées vers le fond.

Les concepts qu'un individu a appris, les différentes hiérarchies et le système utilisé pour les croiser forment ensemble la méthode d'organisation de l'individu. Cette organisation influence ce que nous choisissons, comment nous percevons l'extérieur et comment nous classifions ce que nous ressentons. En conséquence, elle influence la façon de raisonner, le jugement et la perception des experts.

1.6. Les niveaux d'expertise et les difficultés de l'acquisition des connaissances

Il y a au moins deux types d'expertise que l'on peut identifier : l'expertise de type opératoire (manœuvrer une machine) et l'expertise de type cognitif (établir un

diagnostic). Dans les deux cas, l'expertise est la démonstration de l'utilisation des connaissances.

Il est facile de faire la différence entre les deux types de connaissances mais peut-on déduire que, dans un même domaine d'expertise, deux individus auront la même utilisation de leurs connaissances ? La réponse est négative et l'une des raisons est le niveau d'expertise.

L'expérience, et non la faculté d'accumuler les connaissances, sépare les novices des experts : l'expérience est le facteur qui change des faits non reliés en expertise. Les ingénieurs de la connaissance débutants se concentrent sur la quantité de connaissances et l'acquisition des règles apparentes qu'utilise l'expert. Les SBC résultants fonctionnent mais à la manière d'un débutant qui duplique un raisonnement figé.

Une classification communément acceptée dénombre cinq niveaux d'expertise et illustre les différences d'attitude face à une résolution de problème :

- le niveau novice,
- le niveau débutant,
- le niveau professionnel,
- le niveau professionnel confirmé,
- le niveau expert.

Il est possible de faire un parallèle avec le type de connaissance qui, au final, sera présent dans le SBC et lui conférera son utilité. Le degré d'expertise accordé au système sera directement proportionnel au degré d'expertise habituellement requis pour résoudre le problème.

Degré d'expertise	Exemple
Conventionnel	Classification d'employés pour un système de
Qualifié	Autorisation de crédit
Spécialiste	Instruction de dossiers de retraites
Expert	Intervention sur les marchés boursiers
Brillant	Prévision d'indicateurs économiques

Degré d'expertise	Expertise requise pour le SBC
Conventionnel	Une personne expérimentée dans la tâche
Qualifié	Un expert/cadre qui supervise la tâche dans l'entreprise
Spécialiste	Quelques experts à l'intérieur de l'entreprise effectuant
Expert	Experts internes et externes
Brillant	Collège d'experts

La difficulté pour acquérir les connaissances va évidemment en s'accroissant avec le degré d'expertise communément associé à la tâche à automatiser.

1.6.1. *L'impact du niveau d'expertise sur l'acquisition des connaissances*

Plus la connaissance est élevée, plus elle devient difficile à mettre à plat par un processus d'interview car elle est utilisée de façon compilée, à la manière d'un programme d'ordinateur. L'organisation des connaissances chez un expert permet le rappel et le traitement immédiat d'informations pertinentes alors que le novice ne saura choisir entre les informations valables et superflues. Dans le processus de résolution de problèmes, l'expert fait une représentation abstraite du problème avant de l'attaquer. Le novice utilise une représentation qui conserve nombre d'éléments de surface.

Les deux caractéristiques retenues par les chercheurs pour expliquer le comportement des experts sont donc :

- la compilation des connaissances sous une forme efficace et rapide d'accès,
- le regroupement des connaissances en îlots ou "morceaux".

Ces deux facteurs sont deux freins importants à l'acquisition des connaissances. Décompiler un savoir qui est regroupé en îlots et le retranscrire sous forme verbale peut être quelque chose de très difficile pour un expert. Un comportement, qui avec les années est devenu automatique, a perdu beaucoup de son contenu cognitif.

Nous pouvons conclure que ce sont précisément les caractéristiques de la connaissance chez l'expert qui rendent l'acquisition incertaine et pénible.

Caractéristique	Impact
Connaissance organisée et compilée	Difficile à exprimer
Utilisation de nombreuses heuristiques et de faits d'expérience	Tendance à négliger les voies plus originales
Comportement automatique	Etapes de raisonnement devenues imprécises

Les conséquences sont ressenties immédiatement, dès la phase d'initialisation du projet. Les quelques statistiques qui existent montrent que le temps passé (et perdu) par les ingénieurs de la connaissance est très important durant la phase de familiarisation et que les heures d'interviews cachent des dizaines d'heures de préparation et de revue.

Un sondage chez TRW (important contracteur américain) a donné les résultats suivants, pour la familiarisation :

- la préparation à la session demandait 10 heures en moyenne à l'ingénieur de la connaissance en charge,
- la session elle-même durait 2 heures,
- le rapport et le suivi demandaient 4 heures.

Toutefois, à mesure que l'ingénieur de la connaissance devenait familier du domaine, les réunions augmentaient en productivité et le temps de préparation diminuait de beaucoup :

- préparation : 2 heures,
- session : 1 heure,
- revue : 1 heure.

Les chiffres restent importants dans la mesure où c'est le temps effectif d'interview qui est visible, à la fois pour l'expert et pour le maître d'ouvrage.

Une autre conséquence, visible durant l'acquisition des connaissances, est le morcellement des tâches qui diminue l'efficacité de l'ingénieur de la connaissance et rend la communication difficile entre les membres de l'équipe de développement. L'acquisition des connaissances représente en outre une part grandissante du temps et des ressources affectés à la conception d'un SBC. Parce que cette phase est à la fois coûteuse en spécialistes et très risquée sur le plan investissement/résultat, elle constitue une barrière au développement de systèmes à base de connaissances.

1.6.2. Le double goulet d'étranglement

Edward Feigenbaum (Stanford University) l'a appelée le goulet d'étranglement qui empêche une diffusion plus rapide de la technologie SBC. Elle crée des freins à la résolution et à l'automatisation de problèmes mal pris en compte par les systèmes classiques. Nous décrivons cet état de fait comme un double goulet d'étranglement.

Nous pouvons reprendre la démonstration à l'envers : il existe toute une classe d'activités (que l'on pourrait qualifier de quotidiennes dans le contexte d'une entreprise) qui se résument, sous une forme ou une autre, à la résolution d'un problème. Les tentatives d'automatisation ont souvent été des échecs parce que :

- les ordinateurs ne peuvent que traiter des informations explicites ;
- les activités en question font appel à des raisonnements basés sur des connaissances implicites. Brièvement, ce sont celles qui impliquent :
 - l'analyse de situations,
 - les décisions prises dans un environnement incertain,
 - la prise en compte d'abstractions,
 - la perception de tendances,
 - la compréhension d'images,
 - la communication de personne à personne.

L'impossibilité de concevoir ces systèmes fonctionnels conduit au premier goulet: les activités doivent être effectuées par du personnel qualifié, s'accumulent, sont mal assurées et prennent du retard. Les SBC portent en eux la promesse de résoudre en partie ces difficultés : les systèmes existants en sont la preuve et les outils disponibles (générateurs et environnements de développement) sont capables de fournir des solutions opérationnelles.

Et voici qu'apparaît le deuxième goulet d'étranglement : l'acquisition des connaissances s'avère être une phase longue et pénible, sans méthodologie précise et sans garantie de résultats.

1.7. Identifier les types de connaissances

Une première réponse possible aux difficultés d'acquisition est de sélectionner la bonne technique d'acquisition pour faire face à un type de connaissances particulier. Souvent, l'ingénieur de la connaissance est confronté à des situations qui sont impossibles à retranscrire en une représentation connue (règles, objets, réseaux). Il est de nombreux exemples où l'expert utilise son intuition ou analyse des images pour arriver à une solution. Il faut reconnaître à quel type de connaissances il fait appel pour mieux aborder le problème de l'acquisition. Les psychologues en identifient quatre : les connaissances procédurales, les connaissances déclaratives, les connaissances sémantiques et les connaissances épisodiques.

Les connaissances sémantiques et épisodiques sont des types théoriques associés à la mémoire à long terme. Les connaissances déclaratives sont plutôt associées à la mémoire à court terme (i.e. l'expert peut les rappeler et les exprimer).

Les connaissances procédurales se définissent comme le "savoir comment faire". Elles incluent savoir comment faire de la bicyclette et savoir parler une langue. Les procédures sont en général très profondément ancrées et reliées séquentiellement. La fin d'une étape sert de départ à une autre étape. Ces procédures peuvent être si compilées que l'expert en a perdu la clé et ne peut rapporter le mode opératoire. Le savoir est devenu réflexe automatique.

Les connaissances déclaratives sont les informations directement exprimables par l'expert. Elles correspondent aux connaissances de surface qui se contentent d'un mode opératoire et de relations entre pannes ou symptômes et diagnostics sans fournir un justificatif théorique. Les connaissances déclaratives s'obtiennent directement par interview car elles sont l'expression de ce dont l'expert est conscient.

Activités basées sur des connaissances implicites

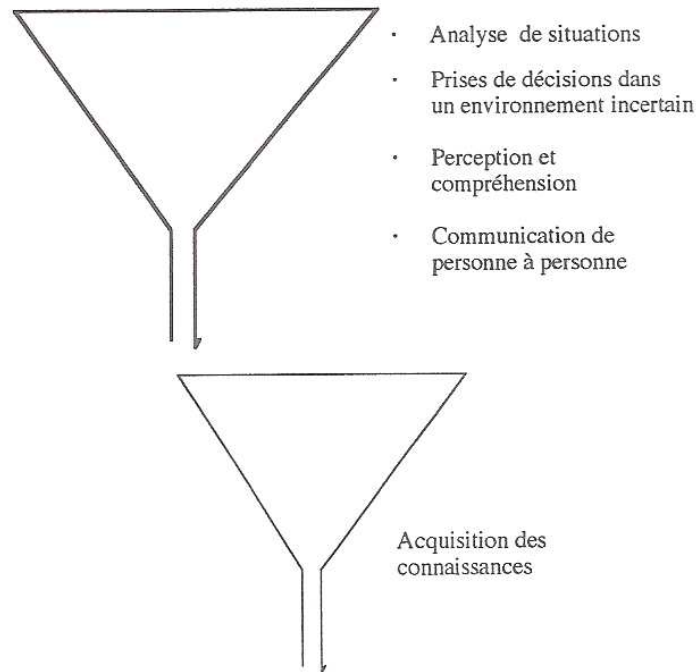


Figure 1.6. Le goulet d'étranglement à deux niveaux

Les connaissances sémantiques sont essentielles dans la conception d'un SBC et se sont vers elles que se concentrent les techniques d'acquisition. Elles reflètent la structure cognitive et l'organisation des connaissances chez l'expert en ce qui concerne :

- les mots et autres symboles verbaux,
- les significations mots/symboles et les règles d'usage,
- les références mots/symboles et leurs relations,
- les algorithmes pour manipuler les symboles, concepts et relations.

Les connaissances épisodiques sont définies comme des connaissances, résidant en mémoire à long terme, qui regroupent les expériences autobiographiques, événements et relations spatio-temporelles entre ces événements.

La nature des connaissances, même si elle est imparfaitement connue et décrite par les sciences cognitives, permet d'identifier les écueils que rencontrent les ingénieurs de la connaissance durant la phase d'acquisition et donne les premiers conseils sur les techniques à utiliser face à un type donné de connaissances.

Le parallèle entre le résultat recherché par l'ingénieur de la connaissance (et par conséquent l'impact sur le SBC final) et les connaissances qui s'y rapportent s'établit de la façon suivante :

Résultats	Connaissances
Identifier les étapes conscientes d'un raisonnement	déclarative
Identifier des routines et des tâches	procédurale
Identifier les concepts/les processus de prise de décision (inconscients)	sémantique
Identifier les processus analogiques de raisonnement (inconscients)	épisodique

Tous les ingénieurs de la connaissance et les spécialistes de SBC souhaitent qu'un tableau aussi restreint puisse être le guide universel pour l'acquisition de connaissances.

Il y a malheureusement trop d'incertitudes sur les connaissances pour les regrouper en quatre parties et y associer directement les types de raisonnement. On ne peut en déduire que quelques enseignements simples, vérifiés au cours du temps par les projets SBC : ce sont les connaissances sémantiques qu'il est nécessaire d'acquérir pour que le SBC soit utile. Il convient de veiller à ne pas confondre connaissances sémantiques et épisodiques : ce n'est pas parce qu'"un expert a vu un cygne noir" (connaissance épisodique) que nous sommes autorisés à déduire que "tous les cygnes sont noirs" (connaissance sémantique). Les techniques d'interview, le plus souvent utilisées, font intervenir le savoir déclaratif. Ce sont les connaissances procédurales qui déclenchent l'action : par exemple, le lancement de programmes informatiques procéduraux.

1.8. Connaissances de surface et connaissances profondes

Deux types de connaissances sont souvent identifiés dans les ouvrages sur les SBC : les connaissances de surface et les connaissances profondes. Cette classification correspond au résultat final : le type de connaissances contenues dans le système et non les connaissances de l'expert.

Les connaissances de surface sont directement liées aux connaissances déclaratives. Le résultat est généralement un arbre de décisions qui englobe le savoir opérationnel et permet de résoudre 80 % des cas du domaine. Les connaissances de surface expriment le "comment" opératoire pour faire un diagnostic qui sera suffisant pour ces 80 % de cas.

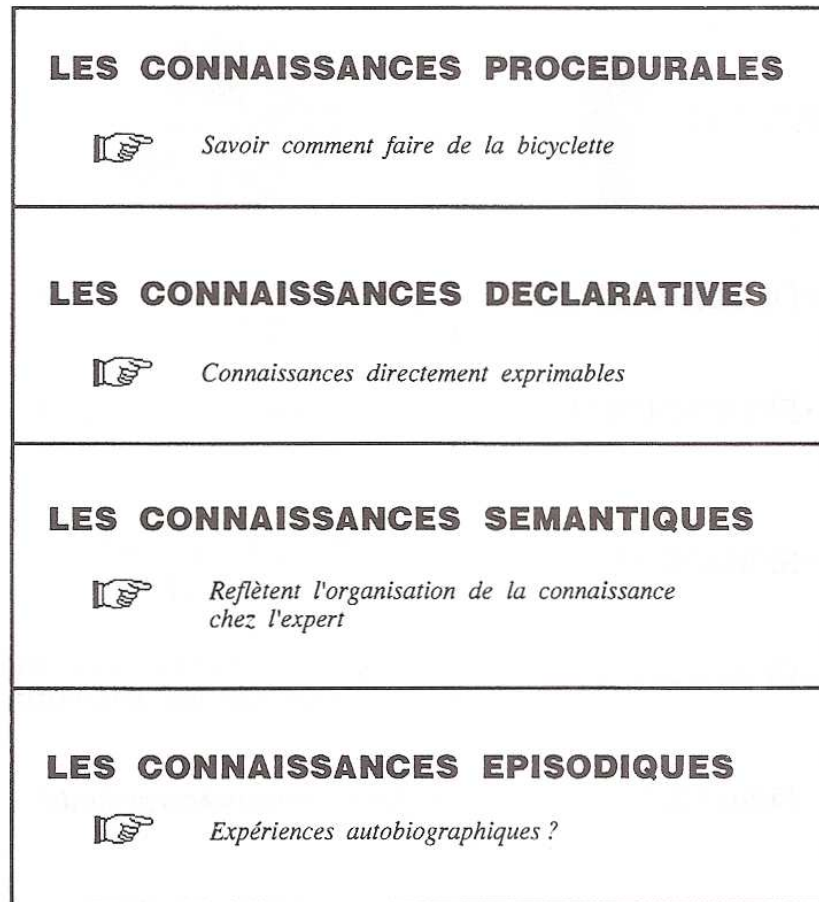


Figure 1.7. Identifier les types de connaissances

Les connaissances profondes sont définies comme les connaissances théoriques du domaine (i.e. des connaissances qui peuvent être rattachées à une théorie, lorsque celle-ci existe). Elles peuvent fournir le "pourquoi" permettant de soutenir la validité du raisonnement contenu dans la base de connaissances et font intervenir les connaissances sémantiques (fortement génériques).