

Vers la MESURE de la QUANTITE de CONNAISSANCE et de COMPETENCE INDUSTRIELLE : le MODELE KnoVA.



Patrick Serrafero

Consultant en Knowledge Management et e-KM
KAD/KAM *International*, 17 chemin du Petit Bois, F-69130 Lyon-Ecully
Tel: +33 612.415.394., Fax: +33 472.860.861., Mel: patrick.serrafero@free.fr
Professeur Associé de Mécanique, Ecole Centrale de Lyon,
36 avenue Guy de Collongue, F-69130 Lyon-Ecully
Web : <http://www.iknova.com>

Résumé : *Parce que la connaissance humaine est supposée vivante et granulaire, ce papier introduit - à l'aide de concepts issus de la systémique, de la génétique et de la mécanique quantique - une proposition théorique pour la mesure de la quantité de connaissance et de compétence industrielle. Ce nouveau modèle de « Gestion des Connaissances » - au sens économique, managérial et opérationnel du terme - est dénommé "théorie bio-quantique KnoVA du cogniton". Les éléments innovants de cette proposition concernent notamment, dans le cadre d'une analogie matière / anti-matière, le quantum de connaissance - dénommé "cogniton" -, le cycle de vie du cogniton à 6 états bio-quantiques - modélisé à l'aide d'un microscope de "collectivisation sémantique" - ainsi que la masse cognitive du cogniton exprimée en kit (Knowledge digIT: nouvelle unité de mesure de la connaissance). La taxinomie génésique KnoVA des différents types de cognitons est présentée ainsi que les 4 axiomes fondateurs de la théorie quantifiant respectivement - avec leurs unités associées - la connaissance, la certitude, la compétence et l'intelligence engagées lors de la mise en exploitation industrielle des compétences d'un domaine métier donné.*

Mots-clefs : Knowledge Management, Gestion des connaissances, Conception Assurée par les Connaissances, cycle de vie des connaissances, méthodologie cognitive, conception routière, conception innovante, entreprise apprenante, capital savoir, mesure du capital intellectuel.

A propos de l'Auteur : Après avoir terminé sa formation d'ingénieur à l'Ecole Centrale de Lyon et aux Etats Unis à l'Université Cornell, Patrick Serrafero démarre sa carrière chez MICHELIN puis SCHNEIDER *Electric* avant de fonder, en 1988, le cabinet KADE-TECH, société de service spécialisée en « Knowledge Management » appliqué aux connaissances industrielles des Bureaux d'Etudes et d'Ingénierie. En 2000, KADE-TECH rejoint le groupe CEGOS pour déployer ses outils Cygma et Kadviser à l'échelle européenne. Actuellement consultant et PDG du cabinet KAD/KAM *International* spécialisé en « Conception et Innovation Assurées par les Connaissances » et fondateur du broker broker.iknova.com en charge de la promotion du « Génome Cognitif Universel », Patrick Serrafero contribue par ailleurs au développement de start-up au service de l'Ingénierie Numérique, notamment comme administrateur des sites www.resauto.fr, www.dBstop.com et www.indexa.fr. Auteur de nombreux articles en Knowledge Management appliqué aux connaissances industrielles, il intervient aussi régulièrement dans le cadre de la formation des élèves-ingénieurs et des mastériens d'une dizaine d'établissements européens d'Enseignement Supérieur tout en assurant les fonctions de Professeur Associé de Mécanique à l'Ecole Centrale de Lyon.

1. - Introduction

Dans le cadre des concepts émergents de "Knowledge Management", d'"Innovation Totale" [TIG 01] et d'Entreprise Apprenante, ce papier introduit des concepts et principes innovants pour la mesure de la quantité de connaissance, à l'aide de la théorie du *cogniton*¹, concept central du modèle KnoVA². Ce modèle KnoVA est une proposition théorique³ pour une synthèse bio-quantique de la Connaissance Humaine et sa quantification technico-économique fondée sur :

- la **systemique**, notamment ses concepts de holon, de décomposition fonctionnelle et organique, de processus et de causalité circulaire, de vision globale entropique et de microscope [ROS 75].
- la **théorie quantique**, notamment ses concepts de dualité matière / onde / énergie, de décomposition particulière de la matière : molécule / atome / noyau / nucléon / quark, de décomposition ondulatoire de la lumière : quanton / photon / boson / méson, des notions de matière / anti-matière, de quark coloré, de masse et numéro atomiques et de transmutation,
- la **génétique**, notamment ses concepts d'intégron, de génome, de molécule ADN, de processus biologique d'évolution (mutation, dégénérescence, clonage, ...) et de cycle de vie (croissance, métabolisme, reproduction).

La proposition théorique KnoVA s'adresse aux industries manufacturières et prend plus particulièrement pour objet d'étude les savoir-faire d'ingénierie utilisés dans les Bureaux d'Etudes et Méthodes [GIR 96], [SEP 98] et relatifs aux connaissances de conception simultanée des "6P" :

- "**plant design**" : conception d'usines et d'ateliers de fabrication (ex: usine d'assemblage de l'Airbus A380, atelier de ferrage automobile, atelier de production d'éléments de tuyauterie, atelier de fabrication de pièces élémentaires par usinage, ...),
- "**product design**" : conception de produits et de composants industriels (ex: voiture, avion, bateau, train, hélicoptère, direction assistée automobile, compresseurs basse pression de réacteur, pompe hydraulique, ...),
- "**part design**" : conception de pièces élémentaires (ex: vilebrequin forgé, pièce plastique soufflée, pièce en tôle découpée et pliée, pièce moulée, pièce composite, ...),
- "**prototype design**" : conception de formes et prototypes rapides (ex: stéréolithographie, stratoconception, outillage rapide, maquette numérique, ...), de systèmes techniques unitaires (ex: porte-avions atomique, ...),
- "**process design**" : conception de processus et de gammes (ex: gammes d'usinage, d'assemblage, de contrôle, de maintenance, ...),
- "**price design**" : conception de devis et chiffrages (ex: devis et pré-dimensionnement de pompes et de turbines, chiffrage d'installations industrielles de production, ...).

dans un contexte d'"organisation Plateau multi-métier" en ingénierie simultanée et de "**management Projet innovant**" en entreprise étendue où la nécessité de partage des connaissances routinières existantes et de création de connaissances innovantes est vitale pour la tenue des objectifs industriels de performance Qualité/Cost/Délai.

L'objectif industriel de la théorie KnoVA est la formalisation des concepts opérationnels et novateurs de « e-KM for e-novation » pour la Gestion Quantifiée des Connaissances de l'"**Entreprise Étendue Innovante**" dans une finalité d'ingénierie robuste des produits/process [SER 02].

¹ Néologisme inventé en commun en 2002 par Dr Irer, Louis Ferrine, dans le cadre de travaux de recherche en partenariat entre le CEA et KADE-BOH, correspondant au quantum tydé et non-fissile de connaissance d'une compétence métier connue, à l'instar de l'intégron de François Couvê (cf "*La logique du vivant, une histoire de l'événement*" (Gallimard, Paris, 1970) et du *holon* d'Arthur Koestler (cf "*The ghost in the machine, Man-machine*", New York, 1967).

² ex: *Sharp edge localization and group fusion*, marque déposée de CA-OKAM International

³ Au sens d'"ensemble relativement organique d'idées, de concepts qui se rapporte à un domaine déterminé" (Petit Larousse Grand Format, Édition 2001) ou "d'esquisse théorique" de [RAU 97] spécifiquement "les théories deviennent ainsi des ensembles symboliques issues de quatre légitimisations successives, qui transforment, l'expérience en énoncés, les énoncés en esquisses théoriques puis les esquisses en corps de savoir constitués"

2. - Contexte cognitif

Le modèle KnoVA présuppose un positionnement rigoureux des concepts cognitifs⁴ tels que les notions de "métier", "filière", "domaine", "compétence", "connaissance", "information" et "donnée" selon la décomposition sémantique présentée en Figure 1 et qui introduit la hiérarchie suivante :

- **métier** : concept positionné au niveau de l'entreprise industrielle, délimitant généralement son couple produit/marché et la compétence technique première de l'organisation industrielle⁵ (ex : constructeur aéronautique), situé dans une dynamique duale de progrès permanents (nécessitant innovations contrôlées) et d'efficience productive⁶ (nécessitant routines réutilisables),
- **filière métier** : concept positionné au niveau des branches opérationnelles de l'entreprise industrielle, possédant chacune un compte d'exploitation propre et organisées en centre de profits avec budgets annuels autonomes (ex : fabricant de composants aéronautiques de structure). Le métier d'une entreprise est alors divisé en plusieurs filières métier⁷ (qui peuvent d'ailleurs être juridiquement filialisées),
- **domaine métier** : concept positionné au niveau des équipes métier autonomes partageant un même vocabulaire commun et de taille insuffisante pour être organisées en centres de profit (ex : équipe de conception de pièces en tôle découpée et pliée). Une filière métier terminale est divisée en plusieurs domaines⁸ métier,
- **compétence métier** : concept positionné au niveau de l'individu, membre d'une équipe métier donnée. Une compétence métier est un savoir faire finalisé par l'action et est formulée en démarquant par un verbe suivi d'un complément d'objet impliquant le nom du domaine métier d'appartenance (ex : "concevoir une pièce en tôle découpée et pliée à plisages droits", "concevoir l'outillage de fabrication d'une pièce en tôle découpée et pliée à plisages droits", "codifier la famille morpho-dimensionnelle d'une pièce en tôle découpée et pliée à plisages droits"). Un domaine métier est divisé en plusieurs compétences métier. Plusieurs individus peuvent maîtriser la même compétence métier. Réciproquement, un individu peut maîtriser plusieurs compétences métier⁹,
- **connaissance métier** : concept positionné au niveau du constituant élémentaire de compétence métier, dit "quantum de compétence typé et non-fissile" (ex : "la distance entre 2 trous de rivets de fixation doit être supérieur à 10 fois l'épaisseur de la tôle de la pièce conçue"). La connaissance métier est non-fissile, de nature routinière ou innovante et est typée. Une compétence métier est construite de plusieurs connaissances métier. Une même connaissance métier peut contribuer à plusieurs compétences métier. Le synonyme de "connaissance métier", dans le modèle KnoVA, est « **cogniton** ».

⁴ 'Qui concerne la connaissance' (Le Petit Larousse, Outil Ferrac, Éditeur 2001)

⁵ Les anglo-saxons utilisent le concept de 'business'.

⁶ 'Capacité d'un groupe de producteurs (hommes et machines) de maintenir dans la durée comme résultat de richesses sans les excès de prix et de qualité requis par une demande' (SAS 01).

⁷ Différents termes managériaux sont employés dans l'industrie pour désigner les filières métier : centres de profits, stratégie business units, unités autonomes d'affaires, domaines d'activité stratégique, centres de compétence, branches industrielles. Ce concept est dérivé d'une filière métier peut être constituée de plusieurs sous-filières métier.

⁸ La notion structurelle KnoVA de 'domaine' est assez proche de la notion cognitive de domaine proposée par la méthode KADS (Knowledge Acquisition Design System). Elle permet la réutilisation du contexte sémantique et du vocabulaire métier BRM 96c.

⁹ Dans le modèle KnoVA, la compétence est supposée individuelle et donc positionnée au niveau de l'individu professionnel, ce qui écarte pour l'instant la réécriture de concepts appropriés pour appréhender la notion de 'compétence collective' ou 'compétence organisationnelle'. En effet, le modèle KnoVA postule l'irréversibilité de compétence collective sans compétence métier duale et sans compréhension ontologique approfondie du concept de compétence métier. La notation pour une granularité aussi fine de la compétence métier est la recherche de phénomènes cognitifs reproductibles et mesurables à l'échelle individuelle (muséométriques, heuristiques, intuitifs, idées, ...) et jeux plus faciles à appréhender qu'à l'échelle collective de processus synergiques de résolution et d'action.



Figure 1 : Hiérarchie sémantique des concepts de "Métier" / "Filière" / "Domaine" / "Compétence" / "Connaissance" / "Information" du modèle hiérarchique KNOVA.

- information** : message subjectif, verbalisé et contextualisé exprimé en langage naturel¹⁰, transmissible sur un média (papier, onde radio, support numérique, ...), lexicalement correct (ie: sans faute d'orthographe), syntaxiquement correct (sans faute de grammaire), sémantiquement juste ou faux en fonction du contexte (information ou désinformation), pragmatiquement épuré (sans effet de style perturbant l'interprétation et la compréhension), porteuse ou non de connaissance métier, constitué de données alphanumériques chaînées les unes aux autres et quantifiable en octets¹¹ (ex : "Paris est la capitale de l'Allemagne", "le fer est plus léger que l'aluminium", "le noyau d'hélium comprend 2 protons", "l'âge de la Statue de la Liberté est de 111 ans", "la souris mange le chat", "il fait froid dans cette salle")¹²,
- donnée** : élément d'information non-fissible et typé, exploitable par un ordinateur à l'aide des techniques des SGBD¹³, représentant ou un booléen (vrai, faux), ou un nombre entier (0, 1, 2, 3, 4, ...), ou un nombre réel (de $-\infty$ à $+\infty$), ou un texte (ex : "bateau", "train", "cognitif", "cosmo-cognitif", "broker", "broket", "soury"), ou un énuméré (ex : Lundi, Mardi, Mercredi, Jeudi, Vendredi, Samedi, Dimanche) ou un pointeur sur une autre donnée¹⁴ (ex : "température de cette salle -18°C").

¹⁰ Pour enrichir et rester concret, cette définition exclut volontairement l'information sonore (musique, mélodie, bruit, ...), l'information gustative (goût), l'information olfactive (odeur), l'information tactile (friction) et l'information graphique (dessin, croquis, schéma, ...) portuses d'événement d'informations verbales. Certaines de ces informations "sexuelles" comme l'information graphique, peuvent en partie s'exprimer avec des textes d'explications verbales.

¹¹ Un octet représente un caractère alphanumérique et correspond à 8 bits. Cette note de bas de page comporte 116 octets.

¹² Pour l'information, la définition récente proposée par un groupe de travail sur la Création des Connaissances du Cigret (Club Informatique des Grandes Entreprises Françaises) en Octobre 2000 est "ensemble de données non structurées et organisées pour donner forme à un message résultant d'un contexte connu et donc parfaitement subjectif." [CIGRET 01]

¹³ Système de Gestion de Bases de Données, dont la variété relationnelle est la plus utilisée dans l'industrie avec le langage d'exploitation en SQL (Standard Query Language).

¹⁴ Dans le modèle KNOVA, la donnée est à l'information ce que la connaissance est à la compétence (un quantum exploitable par des moteurs logiciels (de requête, de recherche, d'inférence, ...)).

3. - Positionnement épistémologique du modèle KnoVA

Contrairement à certaines postures théoriques qui englobent l'étude de connaissances non-explicites, non-prouvées, relevant d'un vécu personnel ou collectif et dont le support tangible reste biologique¹⁵ - dites pour simplifier "connaissances molles"¹⁶, par exemple connaissances tacites non explicites (ex : "je sais souder l'inox mais ne me demandez pas comment faire, je ne sais pas l'expliquer"), connaissances explicites non prouvées (ex : "la tarte aux myrtilles est bonne et donne le diabète") -, le modèle KnoVA se limite aux connaissances "dures"¹⁷ et "mi-dures", à caractère scientifiques, techniques et innovantes, reproductibles et pour lesquelles existe un protocole minimal de validation de la vérité⁸, comme le schématise la Figure 2.

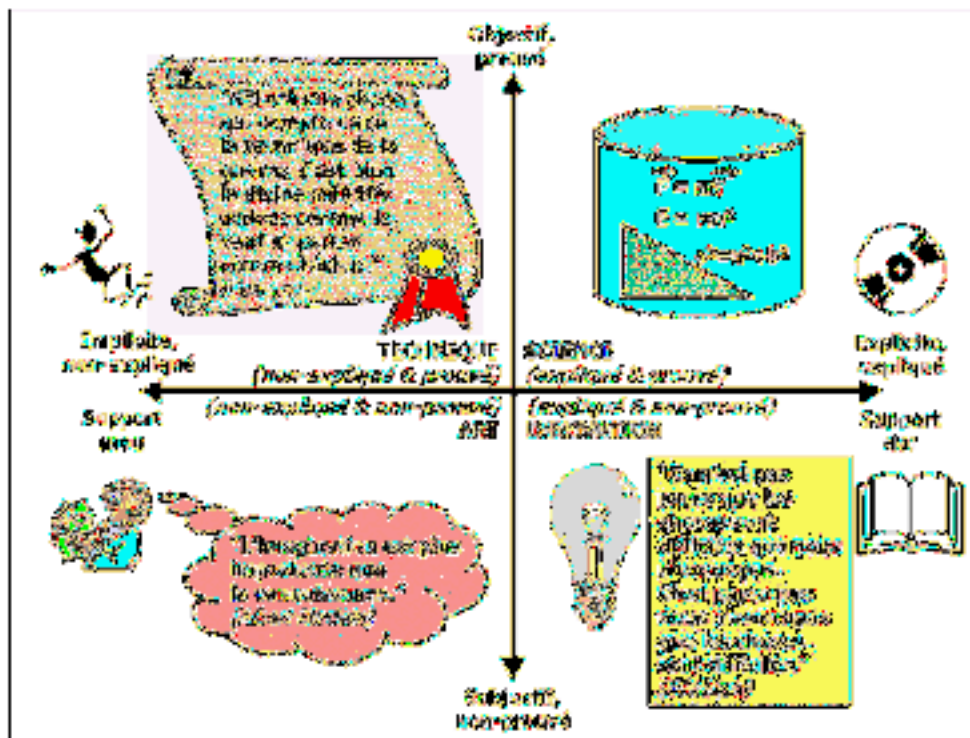


Figure 2 : Catégories des connaissances relevant du modèle restreint KnoVA : scientifiques (connaissances dures : explicites et prouvées), techniques (mi-dures : non-explicites mais prouvées comme fonctionnant), innovantes (mi-dures : explicites mais non encore prouvées, comme fonctionnant).

Cette restriction industrielle du modèle KnoVA permet alors un typage fort et rigoureux des connaissances (comme pour les données) afin d'envisager l'emploi de moteurs logiciels d'exploitation des connaissances, notamment à l'aide d'un langage formel du type SKL¹⁸ (Standard Knowledge Language, à l'image des moteurs de requêtes SQL des Systèmes de Gestion des Bases de Données).

Ainsi, dans le contexte KnoVA et comme déjà suggéré par de nombreux auteurs [AMI 01], les connaissances ne sont pas des informations. En effet, les informations sont un support syntaxique aux connaissances comme "le tuteur supporte la plante", "l'air supporte l'avion", "le raisonnement supporte la vérité" et tel que schématisé en Figure 3.

En fait, c'est la confrontation des informations-porteuses-de-connaissances à la réalité, afin d'en extraire 2 informations nouvelles, respectivement appelées "type de connaissance" et "valeur de vérité", qui transmute l'information dans un premier temps en connaissance (dénommée "néo-cogiton") puis dans un deuxième temps en certitude (dénommée "cosmo-cogiton"). Ainsi, dans le

¹⁵ Essentiellement les tissus mous du cerveau humain.

¹⁶ Certains auteurs parlent de "Savoir Faire" [GRU 2000].

¹⁷ Certains auteurs parlent de "Savoir" [GRU 2000].

¹⁸ "Qualité de ce qui est conforme à la vérité" (Fe et Larousse Grand Format 2001).

¹⁹ Dont la grammaire est basée sur la syntaxe XML, et qui se propose d'être aux connaissances ce que SQL est aux données.

contexte KnoVA, la connaissance (exprimée en kits²⁰) est une information (exprimée en bits²¹) accompagnée d'une méta-information²² de typologie (exprimée en tits²³).

Le modèle KnoVA propose donc, comme postulat de base et premier concept clef, l'équation fondamentale de mutation information/connaissance (dite "principe ontologique du cogniton") :

$$K = I \otimes T$$

avec :

- K – quantité de connaissance (exprimée en kits)²⁴,
- I – quantité d'information (exprimée en bits),
- \otimes = opérateur de filtrage typologique²⁵,
- T – typologie de l'information I (exprimée en tits)²⁶.

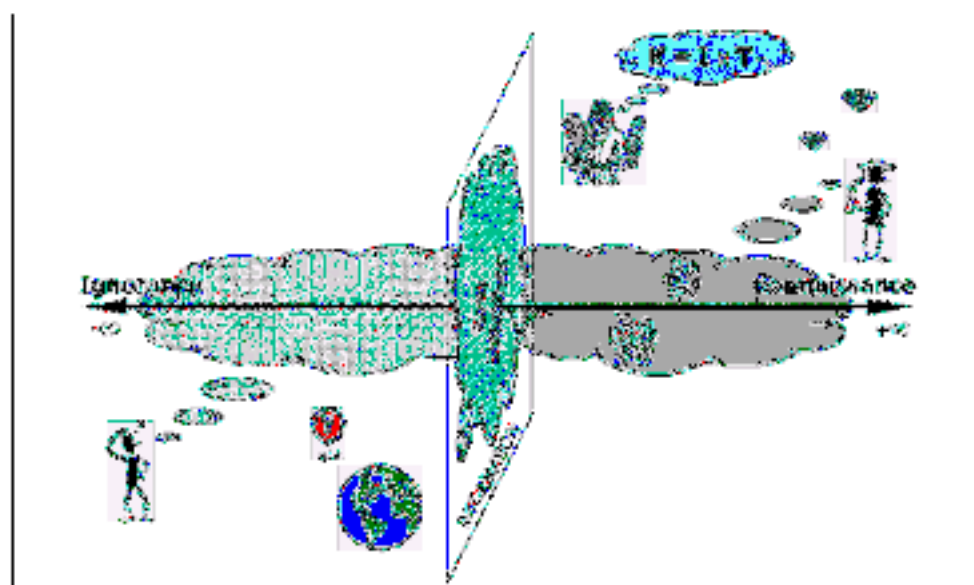


Figure 3 : Informations et connaissances ne sont pas de même nature. La théorie KnoVA positionne les informations orthogonalement au savoir, entre l'ignorance et la connaissance.

Ainsi, la proposition KnoVA s'inscrit clairement dans un cadre d'une épistémologie positiviste²⁷ de valorisation et d'acquisition industrielle de connaissances d'ingénierie et ne propose pas de concepts et principes innovants pour appréhender les "connaissances molles" généralement bien abordées par des approches constructivistes²⁸ [MCI 99].

²⁰ Knowledge digit : nouvelle unité informationnelle de mesure de la connaissance, proposée par la théorie KnoVA.

²¹ Binary digit : unité informationnelle de mesure de l'information, proposé par Shannon. 1 bit correspond à la quantité d'information reçue lors de la transmission du résultat d'un événement ayant 2 occurrences possibles (ex : résultat du tirage à pile ou face d'une pièce de monnaie).

²² Information sur l'information.

²³ Type digit : nouvelle unité informationnelle de mesure de la typologie des connaissances, proposée par la théorie KnoVA.

²⁴ "K" comme Knowledge.

²⁵ L'opérateur \otimes peut être compris comme un produit scalaire permettant de projeter une information sur une base de types cognitifs introduits par la table KnoVA des 20².

²⁶ "T" comme Type. C'est le postulat de typage de l'information à l'aide de schémas cognitifs pré-déterminés et actuellement identifiés au nombre de 20 qui donne naissance au graine élémentaire de connaissance, dénommé "cogniton".

²⁷ Le positivisme est la philosophie d'Auguste Comte qui considère que l'humanité passe par 3 étapes : théologique, métaphysique et positive, la dernière étape permettant à l'esprit humain de trouver l'explication ultime (exomo-cogniton ?) des phénomènes en élaborant les lois de leur enchaînement. Par "positif", Auguste Comte entend "relatif, réel, certain, précis, organique" par opposition à "absolu, chimérique, vague, indéfini, négatif". "L'état positif est l'état des réalités où l'absolu ne trouve aucune place et qui renonce à l'inaccessible détermination des causes des phénomènes pour rechercher simplement leurs lois, c'est-à-dire, à l'aide des sciences, les relations constantes qu'ils entretiennent entre eux" [BAC 01].

²⁸ Le constructivisme se caractérise par une croyance forte dans la "relativité" de la notion de vérité ou de réel (...) et rejette l'idée que la réalité puisse posséder une existence autonome en dehors du chercheur. (...) C'est qui intéresse le

4. - Cycle de vie du cogniton : du questu au cosmo

Le 2^{ème} concept fondamental du modèle KnoVA - après le principe ontologique de mutation $K = I.T$ - est le **cycle de vie du cogniton** structuré autour de 6 états bio-quantiques. Ce cycle de vie se développe suivant l'axe de Maturité de la connaissance du microscope IC2 (Ignorance & Incertitude / Connaissance & Certitude) introduit en Figure 4. Ainsi, cet axe gradué Ignorance / Connaissance distingue :

- le domaine $(-\infty, 0[$ dit **espace de l'Ignorance Interrogative et Hypothétique**²⁹ correspondant à la demande de connaissances (dénommé aussi "espace des anti-cognition") et
- le domaine $[0, +\infty[$ dit **espace de la Connaissance Innovante et Routinière** d'une compétence métier (dénommé aussi "espace des cognition"),

où l'incertitude sur la connaissance diminue par questionnement et supposition (phase de maturation des explications individuelles) avant que la certitude sur la connaissance proposée n'augmente par apprentissage et standardisation (phase de maturation de la preuve collective).

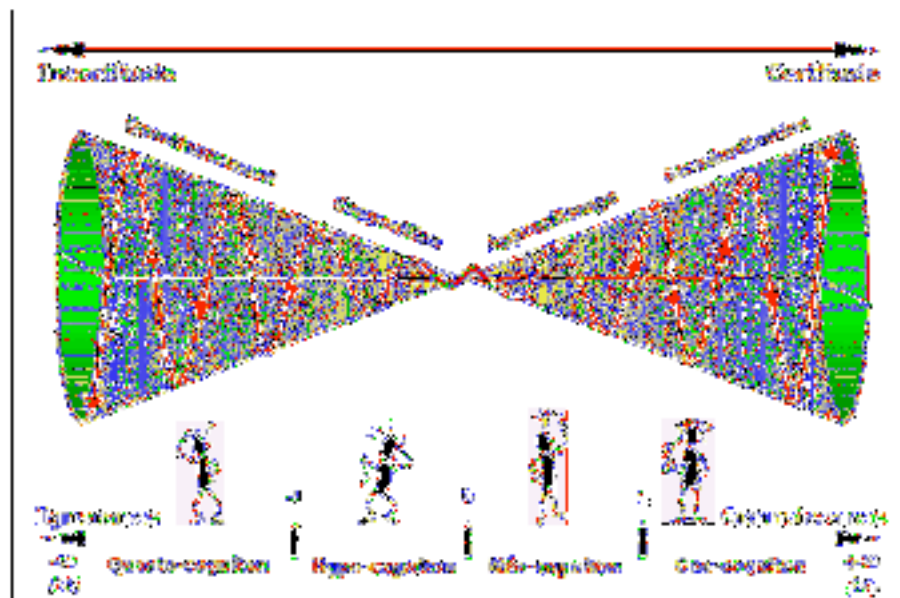


Figure 4 : Principe KnoVA de 'collectivisation sémiotique IC2' de la connaissance permettant de passer d'une grande Incertitude (Ignorance) à une grande Certitude (Connaissance) par transmission de l'information en connaissance à l'aide d'un processus de raffinage impliquant les 4 premiers états bio-quantiques du cogniton.

Le schéma IC2 du modèle KnoVA propose alors les concepts nécessaires à l'appropriation universelle des connaissances humaines, selon un processus de sélection biologique dit de "collectivisation sémiotique"³⁰ introduisant 3 typologies de la connaissance et 6 "états bio-quantiques" du cogniton :

- la **méta connaissance sur l'ignorance (ou méconnaissance)** : permettant de savoir ce que l'on ne sait pas, en l'organisant en "anti-cognition" de 2 catégories :
 - le **questu-cogniton** : correspondant à une question³¹ à résoudre dans le cadre du projet d'ingénierie et que l'on sait formuler (ex : "comment tarauder un trou

constructiviste n'est pas tant le statut de 'vérité' de la réalité observée, mais les occurrences et les processus sociaux de son émergence, et ceci parce que la science, au-delà de l'interaction avec des processus naturels en construction, agit' [(BA) 197]

²⁹ Paradoxalement, la connaissance de son ignorance est une connaissance, dite 'méta-connaissance', sur ce que l'on ne sait pas. D'autant tellement conscient de son existence qu'il même rédigé le 'définitions de l'ignorance' [(BA) 98]

³⁰ Cette expression doit s'entendre non pas comme 'nationalisation biométrique des connaissances' car un inventeur peut pouvoir resté propriétaire de ses brevets, dépôts de marques et modèles pour exploiter ses découvertes mais comme 'reconnaissance collective des connaissances créées du sous opératoire et générateur d'une demande d'applications économiques solvable' (ex : la carte à puce).

³¹ Le 'questu-cogniton' est à entendre dans la perspective de [Lévy 38] 'avant tout, il faut savoir poser les problèmes. Le choix d'un tel, dans la vie scientifique, les problèmes ne se posent pas tout seuls. C'est précisément ce sens du problème

borgne?", "comment construire une centrale nucléaire à fusion thermonucléaire contrôlée?", "comment concevoir le magnétoscope à enregistrer les rêves", "quelle poussée choisir pour les réacteurs de l'A380", "quelle température maximale accepter pour l'échauffement du fuselage de la navette spatiale"),

- **Hypo-cogniton** : correspondant à une hypothèse individuelle non validée permettant la formulation d'une supposition personnelle dans un processus de résolution de conception (ex : "la phase de tournage de tel axe moteur est supposée s'effectuer en 2 sous-phases et donc avec 2 montages d'usinage différents", "quatre réacteurs de puissance moyenne propulseront l'A380").
- **la connaissance contingente (ou co connaissance)** : permettant de savoir ce que l'on sait, en le verbalisant et en l'organisant en "cognitons contingents"³² de 2 catégories :
 - **le néo-cogniton** : correspondant à une connaissance innovante en cours de collectivisation permettant d'expérimenter de nouveaux concepts (ex : "l'alimentation des véhicules des années 2000-2010 s'effectue sous 42V", "le patrimoine génétique de l'Homme et du singe est commun à 98%").
 - **le méso cogniton** : correspondant à une connaissance routinière totalement collectivisée, "pleine et entière", collectivement partagée et reconnue, permettant de conduire des raisonnements de conception sur des bases stables et validées par l'expérience (ex : "le rayon de pliage des ailes de raidissement des pièces en tôle découpée et pliée doit être supérieur à 5 mm", "l'angle Kappa d'usinage du bronze est négatif").
- **la méta-connaissance sur la certitude collective (ou reconnaissance)** : permettant de savoir ce que l'Humanité sait et a cru savoir, en l'organisant en "cognitons intemporels" de 2 catégories :
 - **le paléo cogniton** : correspondant à une connaissance collective désuète, dont on sait qu'elle est fautive ou peu utile (ex : "le plomb est transmutable en or à l'aide de la pierre philosophale", "les virus humains se transmettent par les piqûres de moustiques"),
 - **le cosmo-cogniton** : correspondant à une connaissance collective éternelle, représentative des modalités de fonctionnement de l'Univers et permettant à l'Homme d'agir sur son environnement de manière rationnelle (ex : "E=mc²", "U=RI", "La molécule d'ADN est codée à l'aide de 4 bases", "Acide + Base → Eau + Sel", "L'entropie d'un système thermodynamique fermé en état instable croît jusqu'à l'état d'équilibre", ...).

Le caractère positiviste de la théorie KnoVA dote donc le modèle présenté du **cosmo-cogniton**, stade ultime du cycle de vie de la connaissance pour la formalisation de l'"unanimité cognitive" de l'Humanité sur la véracité d'une connaissance élémentaire³³. Ce concept (dit "principe téléologique du cogniton"³⁴) implique alors une rigueur toute particulière quant à la quantification de la "vérité" attachée à un cosmo-cogniton. Un processus spécifique KnoVA de mesure de la vérité est alors proposé ainsi qu'une unité spécifique de quantification de cette vérité³⁵.

qui porte la marque du véritable esprit scientifique. Pour un esprit scientifique, toute connaissance est une réponse à une question³⁶

³² "Qui peut se produire ou non, être ou ne pas être" (Petit Larousse Grand Format, Édition 2001).

³³ Le concept de cosmo-cogniton est comparable à la notion de monade de Leibniz. "Aux yeux de la physique, l'univers est constitué de monades. Les monades sont des substances simples, sans parties, des atomes de la nature qui ont chacune une unité" (source : <http://www.cyrilphilippe.com/ant/leibniz.html>). Selon la philosophie, selon allemand, l'univers est une hiérarchie de monades, substances simples et étendues douées d'une énergie interne (cogitance). Or, l'harmonie préétablie (par Dieu) fait de chacune de ces monades un reflet particulier du tout, qui exprime l'univers sous son point de vue." (source : <http://www.cyrilphilippe.com/ant/leibniz.html>).

³⁴ Le "méso-cogniton" pour l'unité de base et "cosmo-cogniton".

³⁵ A l'instar du paradoxe de Gödel et de la semi-décidabilité de la logique formelle d'ordre 1 qui spécifie que la preuve d'une formule b en fermée relevant d'une axiome que donnée peut nécessiter un temps infini de convergence de la démonstration formelle, la théorie KnoVA ne peut que postuler l'existence de cosmo-cognitons dont un représentant est rapporté quel méso-cogniton faisant évanescence... jusqu'à preuve de son caractère, preuve suffisante pour le transmuter

5. - De l'information à l'intelligence : mutation IGNITION

Le 3^{ème} concept fondamental du modèle KnoVA est la **mesure systématique** de la quantité de connaissance, tant au long du cycle de vie du cognitif, à l'aide d'un processus d'enrichissement sémantique progressif - dénommé **Processus IGNITION (Intelligence-INformation mUtation)** - et impliquant l'utilisation d'unités nouvelles spécifiques.

Ces unités - propres au modèle KnoVA - portent les noms de :

- **Bit (Binary digIT)** : noté B*, pour la mesure de l'information.
- **Tit (Type digIT)** : noté T*, pour la mesure du type cognitif.
- **Kit (Knowledge digIT)** : noté K*, pour la mesure de la connaissance.
- **Vit (Vote digIT)** : noté V*, pour la mesure de la vérité,
- **Cit (Certitude digIT)** : noté C*, pour la mesure de la certitude (cosmo-cognitif).
- **Rit (Reasoning digIT)** : noté R*, pour la mesure de la compétence et
- **Lit (Intelligence digIT)** : noté L*, pour la mesure de l'intelligence.

A l'instar du processus de mutation mécanique de l'énergie qui :

- regroupe et filtre un ensemble hétérogène d'atomes (mesurés en \AA^{36}) en moles homogènes (mesurées en kg) à l'aide de la table de Mendeleïev³⁷ et du nombre d'Avogadro³⁸,
- transforme une masse en force (mesurée en N) en la plongeant dans un champ de gravité (mesuré en N.kg),
- extrait d'une force un travail (mesuré en J) en la plongeant dans un champ de déplacements (mesurés en m),
- dérive un travail par rapport au temps pour en extraire une puissance (mesurée en W^{39}),

le processus d'enrichissement sémantique IGNITION proposé par le modèle KnoVA et décrit en Figure 5 :

- filtre et transmute un ensemble hétérogène d'informations (mesuré en Bit) en cognitons (mesurés en Kit) à l'aide d'une table de typologie cognitive, dite "taxinomie génésique KnoVA" (présentée en Tableau 2),
- transforme un cogniton en certitude, i.e. en cosmo-cognitif, (mesurée en Cit) en le plongeant dans un champs de vérité (mesurée en Vit),
- assemble les cognitons en compétences (mesurées en Rit) en les plongeant dans un champs d'expériences (mesurées en Bit),
- dérive une compétence par rapport au temps pour en extraire une intelligence (mesurée en Lit).

afin de passer de l'information quantifiée à l'intelligence quantifiée.

L'intelligence devient alors une capacité de mémoire, d'apprentissage et de raisonnement.

ainsi en paléo-cognitif. Ainsi, l'humanité nécessaire dans la quête aux cosmo-cognitions même a conclu que, malgré une énergie potentielle de 6 milliards de joules sur un même cosmo-cognitif - on est sûr de rien !

³⁶ Angstrom, unité de distance équivalent à 10^{-10} mètre, soit un dix-millième de micron.

³⁷ Cette table, inscrite en 1869, identifie et catégorise l'ensemble de tous les éléments chimiques présents naturellement dans l'univers ainsi que les éléments lourds créés artificiellement par l'Homme.

³⁸ Une mole d'un élément chimique correspond à $6,02 \cdot 10^{23}$ atomes auxquels est associée une masse déterminée par la table de Mendeleïev. Ainsi, $6,02 \cdot 10^{23}$ atomes de carbone correspondent à une masse molaire de 12 grammes.

³⁹ Une puissance de 1 Watt correspond à un travail de 1 joule produit en 1 seconde. Un travail de 1 Joule correspond au déplacement d'une force de 1 Newton sur une distance de 1 mètre. Une force de 1 Newton correspond par exemple au poids terrestre de 102 cm³ d'eau, la gravité de la Terre étant de 9,81 N.kg. Ainsi, une puissance de 1 Watt est nécessaire pour soulever, en 1 seconde et à une hauteur de 1 mètre, une quantité de 102 cm³ d'eau et une puissance de 3,23 Wat. est nécessaire pour soulever, toujours en 1 seconde et à 1 mètre de hauteur, une canette de jus de fruit de 55 cl.

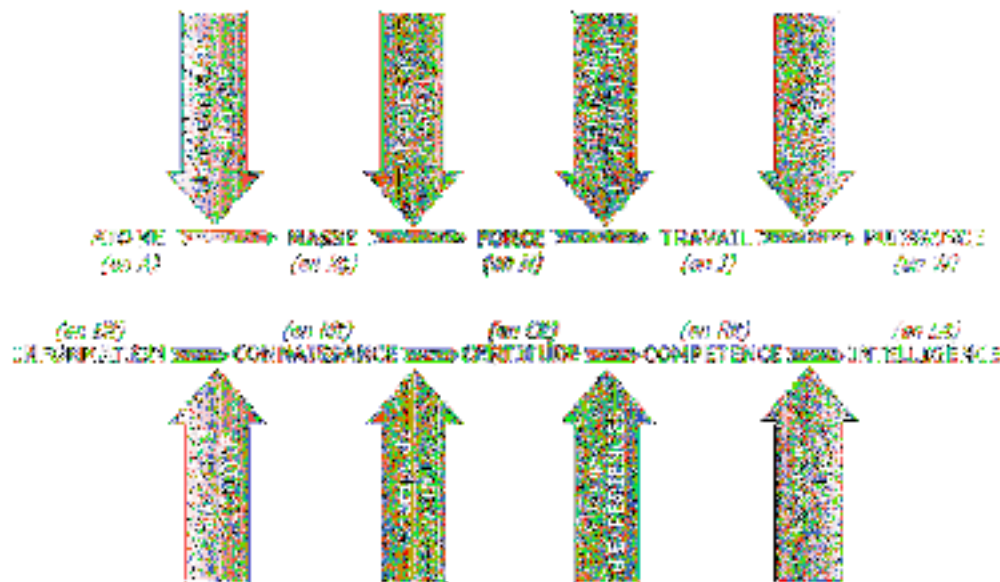


Figure 5 : Analogie mécanique du Processus GENIELOIS de mutation quantifiée de l'information en intelligence : une information est transformée en connaissance par le flux de son type cognitif, la cognition ainsi obtenue est alors transmise en certitude en la plongeant dans un champ de vérité par concentration au savoir des "experts-sachants", la certitude obtenue est elle-même placée à d'autres certitudes et expériences réussies pour constituer une compétence, l'accroissement temporel de compétence aboutissant enfin à l'intelligence industrielle ou "capacité d'apprendre des faits".

L'ensemble des équations fondamentales proposées par le modèle KnoVA pour transmettre l'information en intelligence est introduit par le Tableau 1 :

Equations de mutation informationnelle	Analogie : équations de mutation mécanique
Mutation Information / Cognition Knowledge K = I ⊗ T <i>Cognition (en K ●) = Information (en B ●) filtré Type</i>	Mutation Atome / Masse : 1 mol = 6,02 10²³ atomes ⊗ Élément <i>masse (en kg) = atome (en A) filtré élément</i>
Mutation Cognition / Certitude (cosmo-cognition) Certainty C = K × V <i>Certitude (en C ●) = Cognition × Vérité (en V ●)</i>	Mutation Masse / Force : Force F = m × g <i>Force (en N) = Masse × Gravité (en N/kg)</i>
Mutation Certitude / Compétence Ability A = n × C × e <i>Compétence (en A ●) = n × Certitude × Expérience</i>	Mutation Force / Travail Work W = F × d <i>Travail (en J) = Force × Déplacement (en m)</i>
Mutation Compétence / Intelligence Intelligence I = dA/dt <i>Intelligence (en I ●) = dérivée de la Compétence par rapport au temps</i>	Mutation Travail / Puissance Power P = dW/dt <i>Puissance (en W) = dérivée du Travail par rapport au temps</i>

Tableau 1 : Acronymique KnoVA de quantification des connaissances et compétences et son analogie mécanique

Ainsi, à l'image de la puissance mécanique (qui est l'accroissement du travail au cours du temps grâce à la transformation de l'énergie potentielle en énergie cinétique par accroissement de l'entropie thermodynamique), l'intelligence industrielle est, dans le cadre du modèle KnoVA, perçue comme l'accroissement de compétence au cours du temps grâce à la capacité d'apprentissage et d'innovation de l'organisation. Elle dérive d'un processus de transformation de l'"énergie informationnelle" en "énergie cognitive", processus de synthèse remontant l'entropie informationnelle et créant de l'"ordre cognitif dans le désordre informationnel".

En d'autres termes :

- à l'instar de la puissance qui produit le travail, l'intelligence produit la compétence,
- à l'instar du travail qui produit des déplacements, la compétence produit des informations.

6. - Typologie KnoVA des cognitons

La **typologie KnoVA** - présentée ci-après en version v1.2 dans le Tableau 2 - spécifie les différents types⁴³ - actuellement au nombre de 20 - de cognitons identifiés à ce jour⁴⁴ et a pour vocation à être enrichie par la communauté des cogniticiens, à l'image de la table de Mendeleïev de classification des éléments chimiques.

Principe typologique du cogniton : la taxinomie génésique KnoVA						
		méta-cogniton (<i>Roubins</i>)				néo-cogniton (<i>Innovation</i>)
Typologie KnoVA v1.2	Cogniton culturel	Cogniton opérateur	Cogniton comportemental	Cogniton terminologique	Cogniton expérimental	Cogniton évolutif
Super- cogniton	<i>Contexte métier</i>	<i>Activité métier</i>	<i>Règle métier</i>	<i>Terme métier</i>	<i>Cas métier</i>	<i>Évolution métier</i>
Cogniton	Anecdote, Compétence, Patronyme	Formule, Séquentielle, Parallèle, Super-activité	Contrainte, Consent, Choix	Scalaire, Composé, Super-terme	Constante, Référence, Bêtae, Exclusion	Rotation, Inclusion, Léa
Macro-cogniton	Liste ⁴⁵ de cognitons	Devoirs métier	Scénario métier	Structure métier		
	Cycle ⁴⁶ de cognitons		Séquence métier			
	Arbre ⁴⁷ de cognitons	Phère métier	Script métier	Sémantisme métier	Vue métier	Généraliste Métier
	Graphes ⁴⁸ de cognitons	Métier	Stratégie métier	Sémantique métier		
Contenant cognitif	Cahier Généraliste	Manuel Opérateur	Cahier des Règles	Glossaire Métier	Rapport de Cas	Cahier Évolution
Contenu cognitif	Culture métier	Processus métier	Expertise métier	Vocabulaire métier	Expérience métier	Évolution Métier

Tableau 2 : Version v1.2 (déc. 2006) de la taxinomie génésique KnoVA de typologie cognitive des cognitons, identifiant 6 classes - les cognitons culturels, opératoires, comportementaux, terminologiques, expérimentaux et évolutifs - regroupant 20 types cognitifs (ex: anecdote, contrainte, devoir, ...) pour la modélisation quantitative d'une compétence métier.

Le super-cogniton correspond à la disjonction des cognitons de même classe. Ainsi, par exemple, un terme métier est *ou* un terme scalaire (ex: âge) *ou* un terme composé (ex: homme, femme) *ou* un super-terme (ex: personne).

Le macro-cogniton correspond à différents types d'agrégats de super-cognitons⁴⁹ (Liste, Cycle, Arbre, Graphe). Par exemple, une "sémantique métier" correspond à un graphe de termes métier, un "scénario métier" correspond à une liste d'activités métier.

Le regroupement des cognitons d'une même classe (ex: tous les cognitons comportementaux) constitue le contenu cognitif (ex: l'expertise métier) d'un contenant standardisé (ex: le Cahier des Règles).

Ainsi, pour une compétence métier donnée, la typologie KnoVA (dite aussi « taxinomie génésique ») distingue 5 classes de cognitons routiniers et 1 classe de cognitons innovants, à savoir :

⁴³ L'identification du type d'une connaissance est un travail à haute valeur ajoutée du cogniticien, correspondant à la fourniture d'une méta-information sur l'information décrivant la connaissance considérée.

⁴⁴ Les 20 types de cognitons identifiés à ce jour par l'auteur sont le fruit de 15 années patientes de classe et de raffinement des contre-cognitons du cogniticien (énumérés aussi "méta-cognitons"), essentiellement dans le cadre de la pratique opérationnelle de la méthodologie Cognita (Cycle de vie et Gestion des Métiers et Applications) sur plus de 150 modélisations de la pratique de compétences industrielles de conception des clients du cabinet KADOKAM International.

⁴⁵ Généralisation (G). Ex: une règle métier est *ou* une contrainte *ou* un conseil *ou* un choix.

⁴⁶ Structure d'information correspondant à un ensemble ordonné d'éléments.

⁴⁷ Structure d'information correspondant à une liste fermée d'éléments.

⁴⁸ Structure d'information correspondant à une liste de listes.

⁴⁹ Structure d'information correspondant à une liste de cycles et d'arbres.

- **les cognitons culturels** : dénommés "Contextes métier" et décrivant le contexte d'une compétence métier selon 3 types :
 - **anecdote métier** : conservant la mémoire anecdotique,
 - **compétence métier complexe** : décrivant les autres compétences métier fédérées par le domaine métier de la compétence considérée,
 - **phénomène métier** : décrivant les phénomènes physiques, chimiques, électriques, ... intervenant dans les savoir-faire de la compétence métier⁴⁷,
- **les cognitons opératoires** : dénommés "Activités métier" et décrivant le processus global d'exécution d'une compétence métier donnée selon 4 types :
 - **activité terminale** : unité de décomposition ultime d'un processus métier, caractérisée par un processus décisionnel transformateur d'informations d'entrée, consommateur d'informations de contrôle et fédérant un ensemble de règles métier à respecter par les informations de sortie caractérisant la valeur ajoutée informationnelle de l'activité terminale⁴⁸,
 - **activité séquentielle** : séquence d'activités métier⁴⁹ de même niveau, devant toutes être exécutées dans un ordre précis - l'une après l'autre - et caractérisée par le connecteur temporel LT_PUIS,
 - **activité parallèle** : ensemble d'activités métier de même niveau, devant toutes être exécutées mais sans ordre précis, caractérisée par le connecteur temporel ET,
 - **super activité** : ensemble d'activités métier alternatives de même niveau, dont seulement au moins l'une d'entre elles doit être exécutée et caractérisée par le connecteur temporel OU,
- **les cognitons comportementaux** : dénommés "Règles métier" et décrivant le comportement et les interactions entre les différentes grandeurs caractérisant la valeur ajoutée informationnelle d'une activité terminale selon 3 types :
 - **contrainte métier** : règle métier qu'il est impératif de respecter,
 - **conseil métier** : règle métier qu'il est souhaitable de respecter,
 - **choix métier** : règle métier génératrice de plusieurs alternatives de conception,
- **les cognitons terminologiques** : dénommés "Termes métier" et décrivant le vocabulaire commun du domaine métier de la compétence considérée selon 3 types :
 - **terme scalaire** : représenté par une grandeur scalaire typée (i.e. : ou booléenne, ou entière, ou réelle, ou textuelle ou énumérée),
 - **terme composé** : représenté par la conjonction sémantique ET de plusieurs termes métier⁵⁰,
 - **super-terme** : représenté par la disjonction sémantique OU de plusieurs termes métier,
- **les cognitons expérimentaux** : dénommés "Cas métier" et permettant de conserver la mémoire expérimentale de la pratique de la compétence considérée sous forme d'études de cas catégorisées selon 4 types :
 - **cas constant** : valeur scalaire booléenne, entière, réelle, textuelle ou énumérée,
 - **cas de référence** : cas réussi de conception, issu de l'exécution conforme d'un scénario métier donné et respectant l'ensemble des contraintes métier,
 - **cas d'erreur** : cas raté de conception violant au moins une contrainte métier,
 - **cas d'exclusion** : cas de conception ne relevant pas de la compétence métier considérée, contribuant à la définition des limites de la compétence et permettant d'éviter un cas d'erreur en tentant de le résoudre,

⁴⁷ Le concept de phénomène est directement issu de la méthodologie cognitive MKSM (Method for Knowledge System Management) développée par Jean Louis HERMEL au CEA (CEM 900) [<http://www.cea.fr/sem/sem.html>]

⁴⁸ Le concept d'activité terminale de KAOVA est comparable à celui de la méthode d'analyse structurée SAOT et au concept Concept des automaticiens.

⁴⁹ Le concept d'activité métier est récurrent.

⁵⁰ Le concept de terme métier est récurrent.

- les **cognitons évolutifs** : dénommés "Evolution métier" et permettant de formuler l'innovation selon 3 types :
 - **retour métier** : retour d'information informel sur la pratique opérationnelle de la compétence porteur éventuellement de connaissances innovantes,
 - **induction métier** : proposition typée de néo-cogniton, rattachable à un méso-cogniton clairement identifié et porteur de l'innovation de continuité,
 - idée métier** : proposition typée de néo-cogniton, orphelin, non-rattachable à un méso-cogniton clairement identifié et porteur de l'innovation de rupture.

7. - Mesure de la quantité de connaissance non numérique

Associer une quantité de kits à chaque cogniton non-numérique⁴ identifié relève d'une activité d'ingénierie cognitive pointue, correspondant à un travail fin de modélisation de la connaissance. Pour cela, le cogniticien doit suivre un processus précis comprenant au moins 3 activités :

- choix du type cognitif du cogniton considéré dans la taxinomie génésique KnoVA (ex : contrainte métier, activité métier séquentielle, cas de référence, super-terme, ...),
- modélisation associée du cogniton en fonction du type cognitif identifié,
- détermination de la masse cognitive en kits associée au cogniton modélisé.

Le modèle KnoVA spécifie pour cela un cycle de vie en 6 étapes majeures (les "6R" : repérage / rédaction / rationalisation / réutilisation / rentabilisation / reconnaissance) qui comprend ces 3 activités particulières (catégorisation / cardinalité / computation) comme indiqué en Figure 6 :

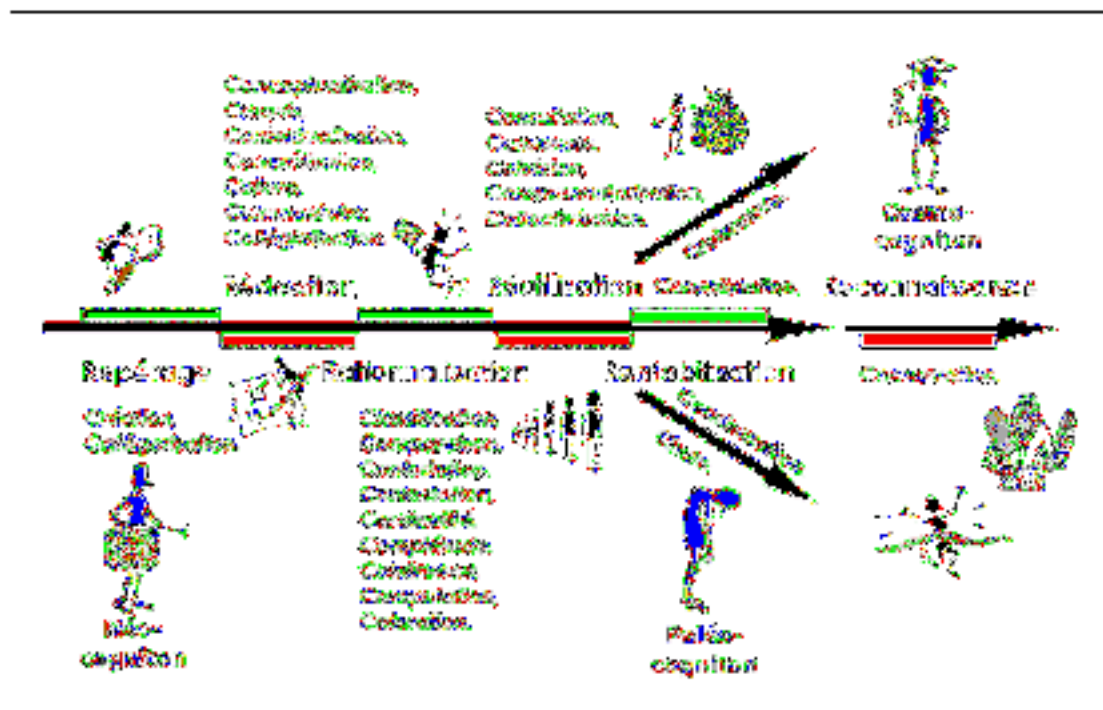


Figure 6 : Structure du processus d'apprentissage standard sur un MTR du cogniton en 6 activités principales (Repérage, Rédaction, Rationalisation, Réutilisation, Rentabilisation, Reconnaissance) fédérant 28 types cognitives. Une connaissance initiale sur un contexte d'apprentissage d'un caractère incertain est totalement reconnue par la communauté d'illicite (carnet-cogniton) après plus ou moins un certain temps (soit totalement reconnue par la communauté par fissure en plusieurs cognitons ou par fissure avec d'autres cognitons, soit tombée en désuétude par manque d'utilisation et ce caractère issu de la communauté d'illicite (type-cogniton)).

⁴ Cogniton de type cognitif différent de "donnée numérique". Le mode de calcul de la quantité de connaissance pour une donnée numérique est présenté au paragraphe suivant.

De même que les éléments chimiques de la table de Mendeleïev se voient attribuer une masse arbitraire décidée par la nature⁵², la quantité de kits associée à un cogniton non-numérique modélisé implique une procédure KnoVA standardisée et arbitraire⁵³ toujours discutable et améliorable. Quelque soit la formule KnoVA proposée pour le dénombrement des kits d'un cogniton non-numérique, l'important n'est pas tant la valeur absolue de la quantité de kits obtenue que la reproductibilité non-ambiguë du comptage de cette quantité par 2 cognitivistes différents pour un même modèle cognitif donné de cogniton.

Ainsi, par exemple, la connaissance métier du géomètre "le carré de l'hypoténuse est égal à la somme des carrés des 2 autres côtés du rectangle" est un cogniton géométrique de type "contrainte métier" dont la masse cognitive est de l'ordre de 13 kits (3 variables, 3 unités impliquées (le mètre), 3 élévations à la puissance n. n-2, une addition, une égalité).

8. - Mesure de la quantité de connaissance d'une grandeur numérique

Dans le domaine industriel de la conception simultanée des "GP", l'utilisation de connaissances permet la détermination de grandeurs numériques par résolutions d'équations et de calculs mathématiques (ex : calcul de nombre de réacteurs d'un avion, détermination de la puissance du groupe moto-propulseur d'une voiture, identification du centre de gravité d'un bateau, calcul du nombre de spires des ressorts de la suspension primaire d'un bogie de TGV, ...).

La programmation par contraintes [YVA 01], disponible sous forme d'outils logiciels sur le marché depuis les années 1980, permet notamment l'expression déclarative des problèmes de conception à résoudre et la fourniture de solutions partielles où chaque grandeur scalaire calculée voit sa valeur finale encadrée par un domaine numérique de valeurs potentielles (ex : nb de spires du ressort ∈ [7, 28]). Ainsi, à défaut de dire ce que vaut numériquement une grandeur de conception (connaissance de la certitude), on précise ce qu'elle ne vaut assurément pas (connaissance de l'incertitude).

Pour les grandeurs de type cognitif "scalaire", le modèle KnoVA propose 4 mesures de la quantité de connaissance transmise, fonction du type informationnel de la grandeur calculée (i.e. : grandeur booléenne, grandeur énumérée, grandeur entière, grandeur réelle).

Pour cela, KnoVA introduit le concept de "grandeur réelle précisée", correspondant à une grandeur numérique réelle recherchée (ex : altitude de positionnement du satellite géostationnaire Argos) pour laquelle on veut obtenir la valeur réelle à une précision donnée δ près (ex : 1 m) et pour laquelle on connaît un ensemble numérique initial dans lequel se trouve la solution recherchée (si elle existe) (ex : [0 km, 40 000 km])⁵⁴.

Par convention, la donnée des valeurs initiales potentielles d'une "grandeur réelle précisée" relève d'une connaissance mesurable, calculée en "kits potentiels" selon une formule similaire à celle proposée par le mathématicien Shannon, inventeur de la théorie mathématique de la communication [SHA 49], à savoir :

$$\text{Quantité de Kits potentiels} = \log_2 (\text{Longueur de l'intervalle de certitude} / \text{Précision demandée } \delta).$$

⁵² Par exemple : une mole de fer (contenant $6,02 \times 10^{23}$ atomes de fer) a une masse molaire de 55,847 grammes, une mole d'uranium ayant une masse de 238,028 grammes.

⁵³ Procédure actuellement en cours de spécification et basée notamment sur la cardinalité d'un cogniton, à savoir le nombre de cognititons voisins en interaction avec le cogniton considéré. Les chiffres qui expriment le "valeur" du cogniton.

⁵⁴ La notion de précision est centrale en conception et en ingénierie des "GP". La définiton géométrique d'objets industriels implique l'utilisation de cotes dimensionnelles caractérisées par leurs valeurs nominales et leurs intervalles de tolérance (ex : ajustement H17, 8 mm étant la valeur nominale de diamètre d'élégage, H7 étant la précision correspondante, ici à l'intervalle de tolérance [± 0, 0,015]).

Ainsi, le nombre de kits potentiels existants dans la variable relative à l'altitude - définie à un mètre près entre 0 et 10 000 km - du satellite Argos est de 25,25 kits.

Par utilisation des connaissances comportementales du problème de conception étudié, les contraintes métier permettent notamment la diminution de l'incertitude par réduction des domaines de valeur des variables de conception. Ce processus transforme alors les "kits potentiels" en "kits cinétiques"⁵⁵ par exploitation d'un nombre plus réduit de valeurs potentielles pour les variables de conception. Ainsi, la connaissance plus précise de l'altitude du satellite Argos, désormais identifiée entre 31 000 km et 38 500 km, permet de gagner - lors de cette réduction de 81% de la taille de l'espace de conception - 2,42 "kits cinétiques" alors que la connaissance de ce même positionnement quelques instants après entre 36 200 km et 36 300 km rapporte 6,23 kits supplémentaires.

Un "taux de connaissance" τ - dit aussi "taux de résolution" - d'une valeur numérique peut alors être défini comme le rapport entre le nombre de kits potentiels initial et le nombre de kits cinétiques acquis durant le processus de résolution. Ainsi, dans le cas du satellite Argos, ce taux de connaissance est de 34,23%, soit $(2,42 + 6,23 \text{ kits cinétiques}) / (25,25 \text{ kits potentiels})$.

Évidemment, plus les précisions demandées sur les grandeurs numériques de conception sont élevées, plus le nombre de kits cinétiques à produire par raisonnements logico-déductifs impliquant les cognitions appropriés est important. Ainsi, si l'altitude du satellite Argos avait à être connue à 1 cm près au lieu d'1 mètre près, le taux de connaissance final chuterait à 27,10% car - avec cette nouvelle précision - le nombre de kits potentiels augmente à 31,90 kits (au lieu de 25,25 kits).

9. - Mesure de la quantité de vérité

La mesure de la quantité de vérité d'un cogniton suppose une confrontation à la réalité afin de distinguer le vrai du faux, l'information de la désinformation, la révélation de la mystification.

Le modèle KNOVA se propose donc de fournir un processus de mesure collective de la "quantité de vérité" - dite "vérité contingente" - fondé sur les hypothèses suivantes :

- la vérité étant toute relative, un cogniton est réputé "100% vrai collectivement" à l'instant t , si l'ensemble de l'Humanité le considère comme vrai à l'instant t ,
- la quantité de vérité collective d'un cogniton dépend d'un jugement de valeur d'un sous-ensemble de l'Humanité, dénommé "experts-sachants", aptes à porter ce jugement sur le cogniton du fait de leurs compétences reconnues dans le domaine métier du cogniton⁵⁶,
- la quantité de vérité collective d'un cogniton dépend aussi du degré d'utilisation du cogniton par le reste de l'Humanité non-experte qui exprime ainsi si le cogniton est utile ou non, s'il fonctionne effectivement "sur le terrain" ou non,
- plus le nombre d'experts-sachants s'exprimant sur la véracité d'un cogniton est grand, plus la quantité de vérité sur le cogniton est grande à pourcentage de consensus équivalent (ex : la quantité de vérité d'un cogniton jugé vrai par 80 experts sur 100 est plus importante que celle issue de 8 experts favorables sur 10),

⁵⁵ L'analogie mûre qui est le plus évidente. Les "kits potentiels" peuvent être assimilés à des "kits implicites, invisibles, virtuels" alors que les "kits cinétiques" peuvent être compris comme des "kits explicites, visibles, réels".

⁵⁶ Une difficulté existe quant à l'identification de ce sous-ensemble d'"experts-sachants" ou "sachants" dans une société engagée et contribue à la détermination de la quantité de vérité d'un cogniton, candidat au statut de exo-cogniton, par un vote sur le cogniton considéré relevant d'une compétence spécifique d'un domaine métier donné. Une autre préoccupation du modèle KNOVA pour objectiver la recherche de ces experts-sachants consiste à rapprocher les publications techniques et se tenir à jours des experts potentiels des métiers utilisés pour verbaliser le cogniton soumis au vote.

- plus le nombre d'utilisateurs s'exprimant sur l'utilisation d'un cogniton est grand, plus la quantité de vérité sur le cogniton est grande à pourcentage de cohésion équivalent.
- la quantité de vérité exprimée par un expert se collecte à l'aide d'un vote à 4 options :
 - "je suis compétent pour juger et je suis d'accord à 100% avec le cogniton proposé".
 - "je suis compétent pour juger et suis en désaccord à 100% avec le cogniton proposé".
 - "je suis compétent pour juger mais ne sais pas encore me prononcer".
 - "je ne suis pas compétent pour juger le cogniton proposé".
- la quantité de vérité exprimée par un utilisateur-non-expert du cogniton se collecte à l'aide d'un vote à 4 alternatives :
 - "je pratique avec succès ce cogniton dans le cadre de mes compétences métier".
 - "je ne pratique pas ce cogniton de mon métier car je ne suis pas d'accord avec".
 - "je ne pratique pas ce cogniton de mon métier car je ne le connaissais pas".
 - "je ne pratique pas ce cogniton car il ne relève pas de mes compétences".

La quantité de "vérité experte" Te issue du jugement des experts-sachants est alors une formule :

$$T_e = f(Z_{ep}, Z_{en}, Z_{er}, Z_{ei}, Z_e)^{57}$$

avec :

- Z_{ep} = quantité d'experts votants positivement.
- Z_{en} = quantité d'experts votants négativement.
- Z_{er} = quantité d'experts votants s'abstenant.
- Z_{ei} = quantité d'experts votants et se déclarant non-compétents.
- Z_e = quantité d'experts votants ($-Z_{ep} + Z_{en} - Z_{er} - Z_{ei}$).
- T_e = quantité de "vérité experte" sur le méo-cogniton considéré (exprimée en vits)⁵⁸.

De même, la quantité de vérité exprimée par les utilisateurs-non-experts résulte d'une formule impliquant les scores issus des votes utilisateurs du cogniton considéré.

A partir de la mesure de la quantité de vérité associée à chaque cogniton, la quantité de certitude est alors calculée comme produit de la masse cognitive en kits du cogniton par sa quantité de vérité en vits.

10. - Conclusion

Afin de promouvoir une démarche d'Innovation Routinière systématique en Ingénierie Industrielle et en conception simultanée et robuste des "GP", ce papier propose de formaliser les objets cognitifs (i.e. : questions, hypothèse, connaissances, ...) issus des processus d'innovation à l'aide de concepts théoriques nouveaux, allant de l'explicitation de l'ignorance individuelle jusqu'à l'explicitation des certitudes collectives en passant par les hypothèses et les innovations identifiées. Ces objets cognitifs, véritables granules élémentaires de connaissance typés et non-fissibles plus ou moins matures, sont dénommés - dans le cadre du modèle théorique KnoVA présenté - "cognition".

Un processus de "sélection biologique" - dit de "collectivisation sémantique" - couplé à un processus de modélisation - dit d'"apprentissage/standardisation" - structure le cycle de vie du cogniton en plusieurs étapes : des quæsto-cognition aux cosmo-cognition en passant par les hypo-cognition, néo-cognition et méso-cognition. La taxinomie génésique KnoVA des typologies identifiées à ce jour permet la classification des cognition routiniers et innovants afin d'en calculer la masse cognitive.

⁵⁷ La détermination de cette formule fera l'objet d'un prochain article scientifique, après expérimentation sur un ensemble de cognition industriels de conception.

⁵⁸ "V" comme Vote ou Vérité (e Vote digital) :

La mesure en kits de la masse cognitive du cogniton constitue alors un moyen quantifié pour appréhender le retour sur investissement de l'innovation et la valeur du patrimoine de connaissances constituant le capital intellectuel de l'entreprise industrielle apprenante. L'axiomatique KnoVA proposée permet d'en mesurer la dynamique temporelle.

L'objet à long terme du modèle KnoVA est le décodage progressif et collectif de l'ensemble des cognitons de l'Univers, briques de base du "Génome Cognitif Universel", véritable richesse cognitive cachée dans le patrimoine des méso-cognitons de l'Humanité et des cosmo-cognitons de la Nature.

Talim et pour terminer sur une note plus philosophique, laissons Blaise Pascal résumer en un mot de fin éblouissant l'essence même de la proposition KnoVA : "Quelque force enfin qu'ait cette Antiquité, la vérité doit toujours avoir l'avantage, quoique nouvellement découverte" !

Bibliographie

[AMI 01] Amidon D., *Innovation et Monogement des Connaissances*, Editions d'Organisation, 2001, p. 45.

[BAC 38] Bachelard G., *La formation de l'esprit scientifique*, Edition Vrin, 1938, p. 14.

[BAU 97] Baumard P., "Constructivisme et processus de recherche : l'émergence d'une posture épistémologique chez le chercheur", *Colloque Constructivisme et Sciences de Gestion*, Lille, Oct. 1997.

[CAS 98] Casenave M., *Dictionnaire de l'ignorance. Aux frontières de la science*, Edition Albin Michel, 1998.

[CIG 00] Cigref (Club Informatique des Grandes Entreprises Françaises), Groupe de réflexion "Gérer les Connaissances : défis, enjeux et conduite de projet" animé par Patrick Dailhé, Oct. 2000, p. 16.

[ERM 96] Ermine J.L., Chaillot M., Bigeon P., Charrelon B., Malavieille D., "MKSM: Méthode pour la Gestion des Connaissances", *Ingénierie des systèmes d'information*, AFCET-Hermès, 1996, vol. 4, n°4, p. 541-575.

[ERM 96a] Ermine J.L., "Les systèmes de connaissances", Edition Hermès, 1996, p. 133.

[GIR 96] Girard B., *Capital Métier*, n°3, Lettre d'information de KADE-TECH, 1996.

[GRU 00] Grundstein M., "Repérer et mettre en valeur les connaissances cruciales pour l'entreprise", *16ème Congrès International de l'AFAV*, Paris, 7-8 novembre 2000.

[HAC 01] "Hachette Multimédia", *Hachette Livre*, <http://fr.encyclopedia.yahoo.com>.

[HAM 99] Hamelin H., Schaaf J., "L'Innovation Assistée par Ordinateur : une nouvelle catégorie d'outils logiciels", *Micad'1999*, Edition Hermès, Paris, 1999, p. 37-42.

[MOI 99] Le Moigne J.L., "Les épistémologies constructivistes", *Collection Que sur-je ?*, Edition Pul, 1999, p. 12.

[MOR 90] Morin E., "Science avec conscience", Edition du Seuil, 1990, p. 177.

[MOR 99] Morin E. et Le Moigne J.L., "L'intelligence de la complexité", Edition L'Harmattan, 1999, p. 49.

- [JOTA 94] Colloque OTAN, *Computer Integrated Production Systems and Organizations*. Edition NATO ASI Series F. 1994, p. 294.
- [ROS 75] De Rosnay J., *Le Microscopie vers une vision globale*, Edition Le Seuil. 1975.
- [SAS 01] "Gestion des connaissances et efficacité productive", *15th Annual Meeting on Socio-Economics*, University of Amsterdam. Amsterdam, 28 juin-1^{er} juillet 2001.
- [SHA 49] Shannon C., *Théorie Mathématique de la Communication*, 1949.
- [SEP 98] "Capitaliser sa mémoire industrielle". *Informatiques Magazine*, Oct. 1998.
- [SER 95] Serraféro P., Boume C., "Catégorisation des connaissances industrielles", *Connaissances et Savoir Faire en Entreprise*. Edition Hermès, 1997, chap. 9.
- [SER 97] Serraféro P., "Du CAD/CAM au KAD/KAM ou de la Conception Assistée par Ordinateur à la Conception Assistée par les Connaissances". *Congrès SLA*. Paris. 1997.
- [SER 99] Serraféro P., Vargas C., Renson D., "Knowledge Aided Design : les démarches de PSA et Techspace Aero", *Aéroval'1999*, Edition Hermès, Paris, 1999, p. 23-36.
- [SER 00] Serraféro P., "Cycle de vie, maturité et dynamique de la connaissance : des informations au cognitions de l'Entreprise Apprenante", *Revue Annuelle Li.E. des Arts et Métiers sur le Knowledge Management*, Edition Dunod, 2000, p. 158.
- [SER 02] Serraféro P., "Vers la mesure de la quantité de connaissance industrielle dans le contexte d'une épistémologie positiviste", *Séminaire interne du laboratoire de Génie Industriel des Ecoles Centrales*, Avril 2002. Lyon.
- [TIG 01] Tiger H., "Capitaliser les savoirs et innover dans les projets : deux démarches unificatrices ?". *Journée AIP-PRIMA'01 Dynamique des connaissances en conception : acquisition, capitalisation et réutilisation*, Grenoble. 22 mai 2001. p. 73-78.
- [VAR 95] Vargas C., "Modélisation du Processus de Conception en Ingénierie des Systèmes Mécaniques", *Thèse de Doctorat*, ENS de Cachan, 1995, p. 38-39.
- [VIE 92] Vielinga B., Schreiber A. & Breuker J., "KADS a modelling approach to knowledge engineering". *Knowledge Acquisition*. 1992, vol. 4, p. 5-53.
- [YVA 01] Yvars P.A., "Représentation des connaissances à base de contraintes en ingénierie d'ensembles mécaniques". *Journée AIP-PRIMA'01 Dynamique des connaissances en conception : acquisition, capitalisation et réutilisation*, Grenoble. 22 mai 2001. p. 29-35.

Remerciements

L'auteur remercie pour leurs contributions créatives et constructives Julien BRISARD, ingénieur de l'Ecole Centrale de Lyon, Laurent BUZON, doctorant en génie industriel de l'Université LYON III, Cyril CAMPOY, consultant de la société ADDSOFT ainsi que Michel CHINA[†], Michel MEUNIER, Dr Jérémy ROY, Dr Samuel GOMES et Jean Michel ROQUE, conseillers techniques de la société KAD/KAM *International*.