



Gestion des signes : De la représentation des connaissances à leur signification pour les e-services

Noël Conruyt

► **To cite this version:**

Noël Conruyt. Gestion des signes : De la représentation des connaissances à leur signification pour les e-services. Informatique [cs]. Université de La Réunion, 2013. <tel-01375608>

HAL Id: tel-01375608

<http://hal.univ-reunion.fr/tel-01375608>

Submitted on 3 Oct 2016

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

N° d'ordre :

Mémoire de Synthèse

présenté à

L'UNIVERSITE DE LA REUNION
Ecole Doctorale Sciences, Technologies et Santé
ED 542

pour obtenir le titre de :

Habilitation à Diriger des Recherches

Spécialité : INFORMATIQUE

par

Noël CONRUYT

Sujet :

GESTION DES SIGNES
De la représentation des connaissances à leur signification
pour les e-services

Soutenue le 25 octobre 2013 devant le jury composé de :

M.	A. NAPOLI	
M.	J. EUZENAT	
M.	B. BACHIMONT	Rapporteurs
Mme	R. VIGNES-LEBBE	
M.	F. PACHET	
M.	H. RALAMBONDRAINY	
M.	R. COURDIER	Examineurs
M.	A. SENTENI	Invité

RESUME

Depuis quelques années, une nouvelle forme d'innovation plus durable, à la fois ouverte, inclusive avec les gens, moins quantitative et donc plus intelligente, se met en place sur les marchés et les territoires. Elle replace l'humain, c'est-à-dire le sujet, au centre du processus d'innovation économique, sociale et environnementale. Cette forme d'innovation est fondée sur la valeur d'usage des technologies en plus de leur valeur d'échange. Quel est alors son impact sur la recherche, notamment en matière de Science et Technologies de l'Information et de la Communication ? Depuis l'avènement du Web 2.0, la tendance est d'impliquer de plus en plus les utilisateurs qui ont des contenus et savoir-faire à valoriser dans la co-construction des services TIC (e-services). En effet, ces utilisateurs souhaitent s'investir pour leurs besoins propres si on leur donne les moyens de s'exprimer. Avec la personnalisation des e-services, ce changement d'orientation modifie donc la vision de la gestion des connaissances que l'on a connue en Intelligence Artificielle il y a plus de dix ans. Elle est devenue moins techno-centrée sur les contenants. Elle se focalise plus sur les contenus dont il faut promouvoir la qualité. Se pose alors le problème de la signification des objets qu'il est nécessaire de partager entre sujets pour créer du sens commun au sein de communautés. Dans la lignée des approches « User Centred Design » en IHM, on s'intéressera dans cette HDR non seulement aux ontologies écrites du Web sémantique pour décrire ce qui est, c'est-à-dire les savoirs, mais aussi aux interprétations multimédia des individus lorsqu'ils sont mis en situation d'utilisation pour montrer ce qu'ils font, c'est-à-dire leurs savoir-faire. Nous avons donc introduit la gestion des signes et le Web sémiotique comme nouveaux paradigmes en informatique pour passer de la représentation des connaissances à leur signification pour les e-services. Ces concepts proviennent de la théorie des signes et de celle de l'activité dont nous nous sommes inspirés pour fonder notre recherche, modélisée au sein d'un tétraèdre sémiotique (sujet, donnée, information, connaissance). Nous expliciterons la nature de cette sémiotique et la méthodologie de construction des signes (sémiosis) que nous avons mise en œuvre sur un Plateau de Créativité dans deux domaines sur lesquels nous avons travaillé depuis la thèse, celui de la Systématique (gestion de la biodiversité) puis celui de la musique (e-learning instrumental). Ces deux exemples en éducation avec les TIC montrent l'intérêt de développer des outils réellement utiles et utilisés par les usagers pour innover de manière collaborative avec eux, afin de partager des savoir-faire, notamment visuels ou gestuels. Ce sont là quelques conditions nécessaires pour créer du lien entre individus (désirabilité) avant de créer du bien pour la communauté. Ces travaux s'inscrivent dans la mise en place d'un Living Lab en Teaching et Learning à l'Université de La Réunion pour enrichir la transmission des connaissances par l'identification et le partage des signes qui s'y rapportent.

Mots-clés :

Gestion des Signes, Web Sémiotique, E-service, Ingénierie des Connaissances, Savoir-faire, Interaction Homme-Machine, Innovation, Plateau de Créativité, Living Lab, Education, Biodiversité, Musique.

RESUME.....	3
AVANT-PROPOS	7
UNE DEMARCHE ORIGINALE.....	9
Qui ?.....	11
Quoi ?.....	11
Où ?.....	11
Quand ?.....	12
Comment ?.....	13
Pourquoi ?	13
INTERDISCIPLINARITE.....	15
Qui parle ?.....	15
Pourquoi la gestion des signes ?	17
Vers un Web sémiotique	19
Web sémantique.....	19
Web social sémantique.....	19
Web service social sémantique.....	22
Web immersif.....	24
Web sémiotique = Web (service social sémantique immersif).....	26
Conclusion	26
SEMIO-TIC	29
Modélisation du Signe	30
L'action située.....	30
La communication	32
L'objectif.....	34
La réalisation.....	36
Structure et dynamique du Signe	38
Structure du Signe	38
La Sémiosi.....	42
Conclusion	48
SPECIALISATION DU SIGNE	51
Phénomène	52
Activité.....	56
Science	58
Conclusion	59
INSTRUMENTATION DU SIGNE	61
IKBS pour le Signe écrit.....	61
Le Plateau de Créativité pour le Signe oral	63
Le Living Lab pour le Signe phénoménal.....	65
Conclusion.....	68
METHODOLOGIE DE CO-DESIGN.....	71
Le Plateau de Créativité.....	71
Objets métier et usage et processus de co-construction.....	72
Passage de l'outil vers l'instrument	73
Exemple avec le projet e-guitare	75
Conclusion	80
E-CO-INNOVATION	83
Web du futur	83
Iterative Sign Base System	85
Jouer pour apprendre.....	87
La valorisation de la recherche	89
Horizon 2020	92
CONCLUSION	97
Acquis.....	97
Perspectives.....	98
REFERENCES	101

AVANT-PROPOS

Ce document constitue le mémoire de synthèse d'Habilitation à Diriger des Recherches, il vise à répondre aux trois objectifs requis pour l'obtention de ce diplôme et caractérisés par : (i) la présentation d'une démarche originale dans un domaine scientifique, (ii) la maîtrise d'une stratégie autonome de recherche scientifique, (iii) la capacité d'encadrement de jeunes chercheurs.

Le travail qu'il décrit est issu d'une longue période de maturation à la fois personnelle et collective à l'Université de La Réunion, silencieuse et verbale, caractérisant la manière naturelle qu'ont les choses de se mettre en place progressivement au fil du temps, tranquillement et souvent sans que l'on s'en rende compte : chassez le naturel, il revient au galop !

Ainsi en est-il de la Gestion des Signes, concept qui replace l'Humain au cœur des Technologies, pour apporter à la Gestion des Connaissances et aux Objets une dimension plus vivante, celle des Savoir-Faire à partager entre les Sujets.

Il aura donc fallu près de vingt ans depuis la Thèse en Intelligence Artificielle pour aboutir à ce mémoire. Les deux domaines abordés en informatique, la gestion de la biodiversité et celle de la musique, ne m'ont certes pas facilité la tâche. En effet, que peut-il bien y avoir de commun entre la biologie et la musique pour proposer de gérer des signes ?

La biodiversité est aux êtres vivants ce que la musique est aux instruments ... En créant ce lien éco systémique, cette citation de Bernard Chevassus-au-Louis, ancien Directeur Général de l'INRA et ex Président du MNHN, aura certainement été un catalyseur de la rédaction de cette HDR, tout comme l'émergence de notre Living Lab en éducation (Teaching & Learning) pour créer le désir d'aller de l'avant. La qualité des relations entre individus conditionne en effet la richesse des milieux naturels comme les récifs coralliens, tout comme peut l'être l'harmonie des voix d'un orchestre ou la polyphonie maîtrisée d'un soliste avec son instrument, la guitare ou le piano.

Le Web des Signes réintroduit la dimension sensorielle en plus de la dimension écrite du Web des Données et des Connaissances. Par l'observation des gestes et la reproduction des actions, il permet de mieux comprendre les sciences et les arts pour mieux se les approprier. Il s'agit de donner du sens et de la valeur aux choses de la Nature et de la Culture, dont la qualité de l'Information et la Communication sont les caractéristiques vitales.

L'Informatique devra donc se saisir de ces nouvelles possibilités de montrer les choses, grâce à la valorisation des contenus multimédia des spécialistes et amateurs sur le Web, et non pas seulement proposer de décrire ce qu'elles sont par la représentation des connaissances. L'objectif de la gestion des signes est de promouvoir la signification pour des e-services à rendre aux citoyens, afin de les aider à mieux comprendre et apprécier leur environnement naturel ou culturel.

Je voudrais ici remercier toutes les personnes qui, de près ou de loin, membres du jury, étudiants, collègues, ont contribué à cette réflexion pédagogique. Je mentionnerai particulièrement ma petite famille, Eliane, Carole et Pierrick qui ont dû me supporter pendant tout le temps passé à méditer devant l'ordinateur ... Merci à vous pour votre patience !

Je souhaite enfin dédier cette HDR à mes parents : Papa en tant que conseiller spécial, sans ton soutien silencieux, verbal et écrit, ce mémoire n'aurait pas pu voir le jour ... Tu m'as servi de guide depuis que je tâtonne pour proposer cette nouvelle thématique de recherche. Maman en tant qu'artiste, tu restes aussi présente dans mon cœur, toi qui m'as appris par ta sensibilité le sens du don de soi ... Merci à vous pour votre confiance !

UNE DEMARCHE ORIGINALE

Dans ce mémoire d'Habilitation à Diriger des Recherches, la démarche originale en informatique que j'ai choisi de vous exposer pour décrire mes travaux de recherche depuis la thèse est celle de montrer la performance des outils développés au sein de notre équipe « entre les mains de l'utilisateur final ».

La thèse en informatique s'intitulait déjà « Amélioration de la robustesse des systèmes d'aide à la description, à la classification et à la détermination des objets biologiques ». La démarche méthodologique que nous proposons dans ce mémoire suit donc la même logique, celle de la recherche de l'efficacité des outils que je souhaite développer pour des utilisateurs finaux. Cette efficacité est attachée à la notion de **service électronique** (e-service) dont l'objectif est de satisfaire du mieux possible les désirs des usagers ciblés par nos outils. La notion de **e-service** est donc centrale dans la méthode proposée. Elle dépasse la notion de système en se plaçant volontairement du côté des usagers plutôt que du côté des technologies. Dans le jargon de l'Interaction Homme-Machine, cette méthodologie est donc qualifiée de « user-centered design » [Norman, 1986], [Bevan, 1999].

Dans le contexte de la recherche appliquée en informatique à La Réunion, nos travaux se sont donc orientés vers la proposition d'un **Plateau de Créativité** pour la définition en commun de e-services qui correspondent le mieux aux usages attendus des utilisateurs ciblés. En effet, les usagers auxquels nous proposons des applications, logiciels et services ne sont pas informaticiens, ce sont des spécialistes ou amateurs d'un domaine particulier (par exemple la biologie ou la musique). L'engagement dans la méthode centrée utilisateurs nécessite de concevoir avec eux des interfaces de qualité ergonomique pour leur faciliter l'accès aux fonctionnalités désirées [Brangier et Barcenilla, 2003]. Depuis ma thèse [Conruyt, 1994], j'exerce cette forme d'ingénierie des connaissances au sein de l'IREMIA (Institut de Recherches en Mathématique et Informatique Appliquées), selon le point de vue de l'interaction homme-machine [Nardi, 1996] et de l'innovation par l'usage [Mallein, 1996], [Poulain, 2002].

Pour s'inscrire dans cette démarche de recherche à la fois innovante et située, nous avons défini le sigle de notre équipe avec l'acronyme IC-IHM, afin de montrer les deux volets de nos activités de recherche à l'IREMIA. Le premier volet se situe en Ingénierie des Connaissances (IC) pour la conception de l'offre **métier**, et l'autre volet se positionne en Interaction Homme-Machine (IHM) pour l'étude des **usages**, c'est-à-dire faire correspondre notre offre aux demandes (désirs) des usagers. Ces deux aspects sont attenants et inséparables de notre recherche appliquée. Ils sont fondamentaux pour que l'on puisse réaliser des outils et des applications réellement utilisés [Malhotra & Galetta, 2004]. C'est l'objectif que nous nous sommes fixé depuis maintenant dix-huit ans avec le développement du logiciel IKBS (Iterative Knowledge Base System) et de ses applications pour la gestion des informations de la biodiversité d'un côté, et d'une application en e-learning instrumental (E-guitare) pour l'apprentissage de pièces de musique de l'autre.

Nous nous inscrivons donc pleinement dans une démarche de recherche appliquée, pragmatique et allant « jusqu'au bout » du processus de conception, résumée par la formule de Cooper et Reimann (2003) « L'interface, c'est l'application ». Il va néanmoins de soi qu'une « jolie carrosserie » ne suffit pas pour faire un bon « véhicule ». La qualité du service rendu doit être assurée par tous les composants du e-service, dont l'informatique constitue un élément parmi d'autres pour la « mise en forme » des informations.

Plus généralement, la démarche proposée est une philosophie de la recherche non seulement technologique et ergonomique, mais surtout scientifique, à la fois pratique, culturelle, sociale, environnementale dans le domaine de **l'éducation** avec les Technologies de l'Information et de la Communication (TIC). Elle se fonde sur la gestion des connaissances de spécialistes d'un domaine en

intégrant l'apport des **signes** dans la recherche du **sens** et de la **valeur**. On nommera cette démarche la **gestion des signes** qui permet d'accomplir un saut qualitatif apportant une meilleure **compréhension des phénomènes** d'élaboration des connaissances afin de les rendre plus intelligibles pour les utilisateurs finaux.

Le **Signe** est placé en position « nucléaire » d'un processus itératif d'élaboration des connaissances. Il intègre dans une triade¹ les **données** sensibles perçues directement par le sujet sur l'objet, les **informations** interprétées de l'objet véhiculées par les instruments de communication, et les **connaissances** construites par le sujet sur l'objet. Les signes s'enrichissent dans un cycle de développement en spirale vers des signes plus structurés et ordonnés de niveau supérieur.

Ainsi, par la signification (i.e. la construction du signe), les connaissances représentées deviennent plus signifiantes pour les individus. Elles doivent s'accorder avec le sens du beau pour l'esthétique, le sens du bien pour la valeur morale, et le bon sens pour l'action : vrai = f (beau, bien, bon).

Notre gestion des signes s'appuie ainsi sur la théorie formelle du signe, c'est-à-dire la sémiotique² de Peirce (1931), sur la théorie de l'activité³ d'Engeström (1987), ainsi que sur la biosémiotique⁴ d'Uexküll (1956). Elle met en œuvre un processus de co-design itératif sur une longue durée avec des moyens appropriés pour permettre d'atteindre les objectifs d'identification **du sens et de la valeur** à partager et transmettre à toutes les étapes du cycle de création, de l'idée au e-service.

Cette Habilitation à Diriger des Recherches en informatique s'intitulait au départ : "Méthodologie de création de e-services à partir d'un Plateau de Créativité : application à la gestion des signes en sciences de la vie et en musique instrumentale". Elle a été renommée "Gestion des signes : de la représentation des connaissances à leur signification pour les e-services". La raison est qu'après dix-huit années de recherche en ingénierie des connaissances et interaction homme-machine, nous avons souhaité expliquer le processus de construction du signe, appelé **signification ou semiosis**, qui est à l'origine de notre approche plus centrée sur les usages des technologies que sur les technologies elles-mêmes pour fabriquer des e-services.

L'accouchement a été long pour parvenir à unifier la démarche de gestion des signes en se référant aux deux domaines couverts par notre recherche, la gestion de la biodiversité d'un côté, et le e-learning instrumental de l'autre. Nous pensons aujourd'hui que la gestion des signes par les TIC arrive à maturité et qu'elle peut être expliquée par des exemples, comme nous le montrerons pour la classification et l'identification des coraux, ou bien l'apprentissage de pièces de musique avec un instrument tel que la guitare ou le piano. La gestion des signes avec les TIC que nous avons appelée **Sémio-TIC** s'instancie sur Internet avec le **Web sémiotique**⁵. Ce dernier promeut la toile des signes subjectifs validés par des spécialistes en plus de celle des choses ou données objectives, c'est-à-dire le Web sémantique.

Nous argumenterons que le Web sémiotique est plus général que le Web sémantique en remettant les Sciences humaines au centre de notre démarche initiale rationnelle et logique en Intelligence Artificielle. Cette innovation dans la recherche s'est traduite récemment par la labellisation en 2011 au niveau européen de notre **Living Lab**⁶ dans le domaine de l'éducation avec les TIC (Teaching and Learning). Dans ce domaine, il s'agit de passer de la transmission des connaissances au partage des signes. La représentation des connaissances est une bonne chose en soi pour l'enseignement (Teaching) : elle permet de gérer les connaissances métier pour les transférer aux apprenants. Mais la

¹ Une triade est la réunion de trois choses en une ou, ce qui est équivalent, l'union de deux choses dans une

² [<http://en.wikipedia.org/wiki/Semiotics>, visité le 03/08/2013]

³ [http://en.wikipedia.org/wiki/Activity_theory, visité le 03/08/2013]

⁴ [<http://en.wikipedia.org/wiki/Biosemitotics>, visité le 03/08/2013]

⁵ Ce terme a été employé la première fois en 1975 pour signifier la sphère de la compréhension humaine qui tisse son réseau de relations comme l'araignée tisse sa toile pour capturer sa proie [Sebeok, 1975].

⁶ [<http://www.openlivinglabs.eu/livinglab/university-reunion-island-living-lab-teaching-and-learning>]

signification de ces connaissances est tout aussi importante que la représentation pour l'apprentissage (Learning) si l'on souhaite que le message soit compris par tous les membres de la communauté. La construction des signes aboutissant aux connaissances doit donc faire partie du projet pédagogique.

Il nous est donc apparu plus judicieux d'expliquer notre démarche conceptuelle de gestion des signes qui englobe la gestion des connaissances, comme exemple de modèle permettant de passer de la transmission des connaissances codifiées écrites des spécialistes vers les apprenants, au partage des interprétations et savoir-faire d'une communauté de pratique à l'aide de contenus multimédia annotés dans ces mêmes écrits structurés. Dans cette HDR, nous suivrons le schéma de présentation qui suit la méthode QQQCP⁷ pour la gestion de la qualité de la recherche : Qui, Quoi, Où, Quand, Comment, Pourquoi.

Qui ?

Le [chapitre 1](#) intitulé **Interdisciplinarité** dévoile tout d'abord mon cheminement atypique de docteur ingénieur en informatique. Mon profil interdisciplinaire comme biologiste, musicien et informaticien a eu une influence directe sur la méthodologie de gestion des signes proposée dans cette HDR. Puis nous aborderons les problèmes posés par les termes de **gestion des connaissances** et de **sémantique** qui ont envahi la sphère informatique depuis l'arrivée du Web sémantique [Berners-Lee, 2001]. De quelle gestion des connaissances et de quelle sémantique parle-t-on lorsque l'on conçoit des outils pour qu'ils soient réellement utilisés par les usagers ciblés ? Les réponses à ces questions sont à l'origine de notre positionnement en faveur du Web sémiotique pour introduire la **gestion des signes** comme thème de recherche plus général que la gestion des connaissances. En effet, représenter les connaissances en machine ne suffit pas pour concevoir des e-services, il faut aussi qu'elles signifient quelque chose en termes de sens et de valeur pour les usagers qui les utilisent.

Quoi ?

Le [chapitre 2](#) s'intitule **Sémio-TIC**. Il présente notre modèle interdisciplinaire sémiotique et TIC pour aborder la question du **sens et de la valeur** des e-services d'informations que nous avons proposés à nos usagers dans le domaine de la gestion de la biodiversité et de l'apprentissage musical. Le sens et la valeur sont des notions nécessairement inclusives, puisqu'elles recouvrent tous les aspects de la signification qui doivent être distingués par une analyse à la fois physique, biologique, psychologique, philosophique et logique. La modélisation sémio-TIC nous permet de resituer l'humain au centre des technologies en nous intéressant à la **signification** des données et des connaissances acquises à tous les niveaux de l'expérience humaine. La construction des signes (**semiosis**) que nous allons détailler du côté usage complète la **représentation** des connaissances et la formalisation du côté métier pour améliorer le service TIC (e-service) rendu aux usagers. Elle propose une philosophie de la pensée complexe qui explique la nature des travaux menés tout au long de nos recherches, à la fois du côté des objets métier (Ingénierie des Connaissances) et des objets usage (Interaction Homme Machine) et qui en constitue le fil directeur pour les aspects scientifiques interdisciplinaires.

Où ?

Dans le [chapitre 3](#), nous proposons une **Spécialisation du signe** générique que nous avons défini au chapitre précédent afin de comprendre où nous avons positionné nos outils, qu'ils soient conceptuels (Living Lab), infrastructurels (Plateau de Créativité), virtuels (immersion expérience), ou logiciels (IKBS). Ce chapitre fait le lien entre la modélisation Sémio-TIC et le projet que nous souhaitons mener pour **fabriquer des e-services**. Il s'articule avec le chapitre 4 sur l'instrumentation du signe. Les trois sortes de signes que nous avons détaillés sont les **phénomènes**, les **activités** et les **sciences**.

⁷ [<http://qualite-en-recherche.cnrs.fr/spip.php?article6>, visité le 03/08/2013]

Le problème de la fabrication du e-service ayant du sens et de la valeur doit ainsi être résolu à trois niveaux : silencieux – verbal – écrit :

- Le **Living Lab** permet de gérer le **Signe silencieux individuel** en offrant à chacun des membres d'une communauté le cadre conceptuel politique et méthodologique pour s'engager dans un type d'innovation sociale, inclusive, intelligente, ouverte, fondée sur la **conscience** et le **désir** des individus de participer à un projet de société qui les motive.
- Le **Plateau de Créativité** répond à la problématique de gestion du **Signe oral communautaire** en permettant d'expérimenter les idées, les maquettes et les prototypes pour que les outils deviennent des e-services réellement utilisés, et mettant en œuvre des activités de travail individuelles et collectives permettant de générer la **confiance** entre les usagers,
- Enfin, **IKBS** se positionne au niveau du **Signe écrit scientifique** avec une méthodologie itérative d'acquisition, de traitement et de validation des **connaissances** fondée sur un modèle descriptif (ontologie) et des descriptions de cas conformes au modèle.

Ce chapitre explicite aussi les termes de la signification que nous avons employés à chaque niveau de la spécialisation. Nous ferons référence aux thématiques de recherche sous-jacentes : la Théorie biosémiotique de la signification animale et humaine [Uexküll, 1956] pour l'analyse des phénomènes individuels, la Théorie de l'Activité pour gérer les activités instrumentées en communauté [Engeström, 1987] [Rabardel, 1995] [Nardi, 1996], et la logique sémiotique [Peirce, 1931] de la découverte scientifique [Popper, 1973] pour raisonner avec les sciences.

Quand ?

Le [chapitre 4](#) est nommé **Instrumentation du Signe**. Chaque signe est instrumenté dans le modèle précédent. Nous présenterons nos recherches sur les plateformes aux trois niveaux de spécialisation du signe, dans l'ordre chronologique dans lequel nous les avons expérimentés. En effet, pendant les dix-huit années de recherche au sein de notre équipe IC-IHM (Ingénierie des Connaissances et Interaction Homme Machine) de l'IREMIA, nous avons abordé la gestion des signes dans cet ordre :

- 1995 à 2003 : **Gestion des concepts** avec IKBS. Il s'agit d'un Système de Gestion de Bases de Connaissances qui est appliqué dans le domaine de la Systématique assistée par ordinateur. Il produit des bases de connaissances, les concepts étant les noms des espèces de coraux des Mascareignes (taxons) que l'on cherche à classer et ensuite à identifier,
- 2003 à 2010 : **Gestion des services** avec le Plateau de Créativité ou de Co-design. Le Plateau de Créativité est un lieu de rencontre à la fois réel et virtuel pour les chercheurs, les entrepreneurs et les usagers, qui permet de tester les idées, maquettes, prototypes des porteurs de projets de manière à ce qu'ils correspondent le mieux aux usages attendus du e-service. Nous l'avons appliqué au domaine de l'apprentissage de la guitare classique, le e-service étant « d'amener le professeur à domicile » pour aider l'élève à jouer des pièces qu'il apprécie,
- 2010 à 2013 : **Gestion des percepts** avec UR.LL.TL (University of Reunion Living Lab in Teaching and Learning). Un Living Lab est un lieu d'innovation à la fois ouvert, inclusif, et intelligent qui place l'utilisateur au centre du dispositif et qui donne envie de s'investir avec ses idées dans des projets de création de nouveaux e-services. Nous l'avons appliqué dans le domaine de l'éducation avec les TIC.

Jusqu'en avril 2010, nous ne parlions pas de gestion des signes [Conruyt *et al.*, 2010a] mais de gestion des savoir-faire et des connaissances. Mais sans le savoir, nous avons géré des phénomènes et des activités en travaillant sur les sciences de la Systématique ou de la Musique instrumentale. En effet, les niveaux supérieurs sont dépendants des niveaux inférieurs. La science dépend de l'activité qui dépend aussi du phénomène, tout comme la connaissance dépend de la confiance qui dépend aussi de la conscience.

Comment ?

Le [chapitre 5](#) est consacré à notre **Méthodologie** de définition de e-services pour passer de l'outil à l'instrument et à un **exemple**. La méthodologie pour comprendre les usages s'appuie sur le Plateau de Créativité qui est le lieu où les maquettes et les prototypes sont testés avec les usagers. La méthode est développée au niveau du signe verbal. Nous expliquerons l'analogie entre la démarche métier et la démarche usage pour fabriquer des e-services : le processus de réalisation de l'outil est le miroir du processus d'appropriation de l'instrument. Nous analyserons les étapes de transformation de l'outil en instrument selon le modèle des Situation d'Activités Instrumentées [Rabardel, 1995]. Nous illustrerons enfin cela dans le domaine du e-learning instrumental avec le projet e-guitare.

Pourquoi ?

Dans le [chapitre 6](#) appelé **E-co-innovation**, nous expliquerons que notre démarche de gestion des signes s'inscrit dans un nouveau paradigme pour la recherche dans l'Internet du futur, appelé e-co-innovation. Dans cet écosystème digital, l'innovation consiste à remettre l'humain au centre des développements technologiques, et donc à cultiver **l'interdisciplinarité**. Dans ce contexte, le Web sémiotique est pour nous l'avenir du Web sémantique car il replace le Sujet (interprète) au cœur de l'Objet (interprété). Notre philosophie **Sémio-TIC** est une approche holistique des TIC où l'objectif est de mieux comprendre les interprétations des acteurs d'une communauté de pratique afin de dégager un **consensus**. La gestion de signes est ainsi une démarche d'intelligence collective qui permet à chacun d'exprimer sa différence dans une base de signes, par exemple en illustrant les termes de ses descriptions par des objets multimédia pour **se faire comprendre**. Nous discuterons de l'implication de ce style de gestion dans la recherche en informatique au sein des projets interdisciplinaires que nous avons menés dans le cadre de la **valorisation de la recherche**. Cette attitude du chercheur en informatique nous paraît indispensable au XXI^e siècle dans le contexte de développement durable de la société de l'information en Europe, en France, et encore plus à La Réunion.

En **conclusion**, en nous fondant sur le schéma générique sur l'é-co-innovation du chapitre précédent qui reprend les concepts explicités dans ce mémoire d'HDR, nous tracerons les acquis de notre recherche en gestion des signes et nous proposerons des perspectives pour innover avec la recherche au sein de notre Université de l'Océan Indien. La gestion des signes, en remettant l'humain au centre des technologies, permet de passer de la représentation des connaissances à leur signification, afin de co-construire des e-services avec les usagers du territoire qui le souhaitent. Le Plateau de Créativité et le Living Lab sont les deux outils au service de cette stratégie d'ouverture aux mondes telle que souhaitée par notre Université de La Réunion.

INTERDISCIPLINARITE

En guise d'introduction, je vais d'abord me présenter. Je ne suis pas informaticien d'origine universitaire, mais biologiste, ayant effectué une école d'ingénieurs en agriculture, à l'ISARA de Lyon. Outre les aspects techniques qu'il faut connaître en sciences de la vie, cette école met beaucoup l'accent sur la dimension socio-économique des problèmes à résoudre, ce qui m'a permis de mieux comprendre la dimension des usages dans tout travail de conception et de développement. Du côté musical, j'ai suivi le conservatoire en guitare classique pour obtenir un diplôme de fin d'études, ce qui me donnait la possibilité d'accéder à un niveau d'amateur averti pour jouer des pièces écrites (partitions) en public. Pour compléter le tableau au niveau sportif, j'ai joué au stade Rennais FC jusqu'en cadet national dans une des meilleures écoles françaises de football, ce qui m'a inculqué des règles du jeu collectives pour le travail d'équipe. Ces considérations peuvent sembler « hors sujet » pour un chercheur en « sciences dures », mais pas du tout ! En effet, chaque personne est marquée par son histoire lorsqu'il aborde les événements spatio-temporels pour mener des projets, ce qui peut expliquer l'originalité de ses travaux. Comme l'écrit Jean Giono (1979) : « Je me suis efforcé de décrire le monde, non pas comme il est mais comme il est quand je m'y ajoute, ce qui, évidemment, ne le simplifie pas ». Les séparations classiques entre le sujet et l'objet, l'observateur et l'observé, l'objectivité et la subjectivité n'ont plus lieu d'être, que ce soit en sciences humaines ou en sciences exactes ou expérimentales. Pour qui souhaite comprendre un domaine et l'expliquer, l'implication et la distanciation du chercheur sont des données de base à prendre en compte [Arino, 2008].

« Si les séparations classiques sujet/objet, observateur/observé, objectivité/subjectivité n'ont plus lieu d'être pour les sciences humaines, alors la notion d'implication devient indispensable pour penser la tâche du chercheur. Le rapport du chercheur à son objet d'étude dans l'acte de connaissance est dominé par deux couples de concepts intimement liés : distanciation et implication d'une part, explication et compréhension d'autre part. Dans l'explication causale, le chercheur dispose d'une panoplie complète d'instruments qui lui permet une objectivité totale à l'égard du sujet étudié. Dans la compréhension, la relation entre le chercheur et le sujet étudié repose sur la prééminence du vécu du sujet, intersubjectivité constitutive de la recherche, relation entre chercheur incarné et sujet vivant. L'explication propose une connaissance analytique bâtie à l'aide de formalismes bien définis et de moyens quantitatifs ouvrant sur des possibilités de réfutabilité et de falsifiabilité. Elle présuppose la distanciation du chercheur, garante d'une attitude critique et objective. En revanche, dans la vision compréhensive c'est la totalisation, la connaissance synthétique atteinte par les voies subjectives du vécu personnel et de l'empathie qui domine. Elle présuppose l'implication du chercheur, garante de la précision et de l'exhaustivité du savoir ».

Qui parle ?

Cet extrait du livre de Martine Arino (2008) sur la subjectivité du chercheur en sciences humaines pose la question de l'implication du chercheur dans sa recherche. Cette implication est facilitée par des profils de chercheurs interdisciplinaires.

Comme nous l'avons dit brièvement en introduction, notre recherche n'est pas focalisée uniquement sur l'informatique en tant qu'objet de Science ou fin en soi, mais plutôt sur l'informatique en tant que moyen au sein des Technologies de l'Information et de la Communication (informaTIC = mettre en forme par les TIC). Notre recherche n'est pas que centrée sur les technologies mais aussi sur les usages des technologies. Cette vision est une posture d'ingénieur au sein de notre métier d'enseignant-chercheur. Ainsi dans l'équipe IC-IHM que j'anime, nous nous sommes intéressés en priorité aux domaines pour lesquels nous souhaitons apporter un service utile grâce à l'informatique, à savoir la biologie et la musique. Le contenu informationnel d'origine multimédia est donc « mis en forme » (codage) par l'équipe pour un **usage** ciblé.

En conséquence, nous considérons que l’informaticien, ingénieur de la connaissance ou cognicien chargé de trouver une solution informatique à un problème n’est pas qu’un observateur ou spectateur du domaine d’étude. Il est véritablement un acteur impliqué sur le terrain. Il participe aux activités qu’il cherche ensuite à modéliser. Idéalement, il connaît le domaine. Passionné, il cherche à mieux le comprendre. Il se rapproche donc des spécialistes qui pourront lui communiquer leurs savoirs et savoir-faire. La rencontre avec l’expert est un point capital de l’émergence et de la faisabilité du projet. Car du point de vue psychologique, on ne s’engage vraiment que pour les choses, les personnes, et les projets que l’on apprécie véritablement. Une intimité avec l’objet d’étude ainsi qu’avec les experts permet de mieux ressentir les besoins non exprimés, et de les éprouver à des niveaux plus silencieux. C’est ce rôle d’informaticien qui valorise les utilisateurs avec un e-service que nous avons donc endossé dans notre recherche du sens et de la valeur, spécialement vis à vis des experts dans un premier temps dans différents domaines allant de la pathologie végétale à l’INRA (Institut National de Recherche en Agronomie), la systématique au MNHN (Muséum national d’Histoire naturelle) à la musique au CRR (Conservatoire à Rayonnement Régional) de La Réunion.

Notre hypothèse de travail interdisciplinaire s’inscrit dans la création de valeur qui dépend beaucoup du cursus initial de formation suivi par le chercheur en informatique. Étant de formation ingénieur en agriculture, on m’a inculqué l’importance des études de terrain en biologie (agronomie), avec l’informatique comme outil au service des applications. J’ai ensuite appris les concepts et méthodes de l’Intelligence Artificielle (IA) en DEA à l’Université de Paris VI, en ayant eu la chance de pouvoir appliquer des techniques de pointe sur un sujet à la mode à l’époque : les systèmes experts [Bonnet, 1984]. Ma double formation m’a ainsi permis d’analyser l’intérêt de l’utilisation des systèmes experts en pathologie végétale développés par l’INRA sur Minitel lors de mon stage de fin d’étude à la société COGNITECH. En étant capable de dialoguer avec les utilisateurs finaux, nous avons pu tester sur le terrain les logiciels développés par les informaticiens de l’INRA auprès de leurs cibles [Conruyt et Piaton, 1987]. Ainsi, nous avons appréhendé **l’utilité sociale des systèmes experts** [Bourgine, 1987], dont le système TOM sur les maladies de la tomate [Blancard *et al.*, 1985], à la fois du côté de l’expert, des techniciens agricoles et des agriculteurs. Cette démarche « bottom-up » qui part des problèmes posés sur le terrain par l’utilisation des outils nous a permis de soulever les limites de l’approche fondée sur les règles, formant le fameux goulot d’étranglement de la méthode d’élicitation des connaissances fondée sur la *déduction* logique. Il y a en effet le problème essentiel de **l’interprétation** par les différents usagers du système expert des questions posées par l’expert dans un questionnaire, pour délivrer des réponses permettant d’aboutir aux mêmes résultats que lui. J’ai donc décidé d’entreprendre en thèse à l’INRIA le premier développement d’un système à base de connaissances pour l’apprentissage numérique et symbolique à partir d’un modèle descriptif (ou background knowledge) : le frontal HYPERQUEST [Conruyt, 1994] couplé au logiciel KATE [Manago, 1990]. Le premier est un module d’acquisition des connaissances structurées non bruitées⁸ qui offre un guide d’observation, et le second un module de traitement orienté objets de ces données et connaissances, utilisant des techniques d’apprentissage *inductif* à partir d’exemples. Leur couplage est à la base du développement du système **IKBS** (Iterative Knowledge Base System) pour la description, la classification et l’identification des objets biologiques, qui a fait l’objet d’une autre thèse que j’ai accompagnée plus tard à l’IREMIA [Grosser, 2002]. Nous ne concevons donc pas la recherche appliquée en informatique hors d’un cadre concret d’exploitation en grandeur réelle et indépendamment de l’expérimentation avec les usagers. Cette démarche de recherche expérimentale n’est pas très courante à l’université française, et c’est à partir de cette originalité que je vais vous exposer ma méthodologie de création de e-services à partir d’un **Plateau de Créativité** intitulée la **Gestion des signes**.

Mais avant d’analyser ce concept nouveau en informatique, pourquoi s’intéresser à la gestion des signes plutôt qu’à celle des connaissances ?

⁸ Le bruit est « tout ce qui détériore l’information que l’on veut connaître sur un domaine »

Pourquoi la gestion des signes ?

La première réponse est d'ordre prospectif : la gestion des connaissances est plus assimilée à la gestion des savoirs d'un domaine, plutôt qu'à celle des savoir-faire. Or dans les applications Web de demain, avec le déferlement d'images et de vidéo sur les réseaux comme YouTube, ce sont les informations circulantes qui véhiculent des savoir-faire que l'on devra gérer car elles constituent des flux échangés entre les gens que l'on peut capturer et analyser. En effet, on ne peut pas vraiment gérer des connaissances, les deux termes associés étant difficilement compatibles entre eux. Les connaissances sont inscrites dans la tête des personnes, elles sont tacites, donc ingérables. Ou alors elles sont explicitées dans des livres ou supports numériques publiés par ces personnes, mais alors elles sont figées, fossilisées. Elles sont mortes et ne peuvent donc être gérées. On ne peut en fait gérer que des savoir-faire qui sont des informations communiquées entre individus. Ce sont des manifestations vivantes qui peuvent être filmées, simulées en 3D, à l'instar des contenus multimédia qui transportent des informations et non pas des savoirs. Pour le Web du futur, ce sont ces savoir-faire qui auront de la valeur et du sens, car ils expriment la subjectivité des interprétations des experts dont on cherche à étudier la qualité. L'acquisition des connaissances sera le résultat de l'analyse intersubjective des différentes interprétations humaines. Voilà une première raison pour s'intéresser à la gestion des signes, un concept qui englobe à la fois la gestion des contenus (donnée), de leur forme (information), de leur sens (connaissance) par rapport à leur signature (sujet).

La seconde réponse est aussi liée à une notion ambiguë, celle de sémantique⁹. D'emblée, cette notion relative au sens est présentée comme provenant de la linguistique avec l'emploi du signifié et du signifiant [Saussure, 1916]. Le terme *sémantique* fut introduit dans la littérature linguistique par le français Michel Bréal, en 1897. Il est dérivé du grec *semainein* («vouloir dire, signifier»), mais Bréal mit l'accent sur la signification au niveau verbal. Cette sémantique langagière séparant la forme du fond se retrouve naturellement comme source à l'origine des langages de programmation employant la logique booléenne, et donc la logique d'Aristote, en séparant la syntaxe du langage formel (c.-à-d. la forme ou signifiant) de son interprétation en langage naturel (c.-à-d. le fond ou signifié). Dans la logique informatique, le sens est mis sur la représentation mathématique de la forme des énoncés par des propositions prenant des valeurs *vrai* ou *faux*. Cette sémantique est donc la partie de la logique qui s'occupe de l'interprétation du langage formel. Elle n'a rien à voir avec les actes d'énonciation qui sont émis par les proposants en langage naturel et qui peuvent entrer en contradiction. Car une même chose peut apparaître bonne ou vrai à une personne et mauvaise ou fausse à une autre : leurs interprétations ne sont pas forcément les mêmes, nous ne sommes pas des robots. Donc, on ne parle pas de la même sémantique lorsque l'on s'adresse à des humains, ou que l'on programme des machines : **la sémantique humaine est celle des proposants, la sémantique formelle est celle des propositions**. L'Intelligence Artificielle s'appuie sur la sémantique formelle pour modéliser des raisonnements inductifs et déductifs à partir de données et produire des connaissances. On a ensuite appelé cela la gestion des connaissances, ce qui s'est traduit sur Internet par le Web sémantique. Pour notre part, nous souhaiterions proposer une vision élargie avec la gestion des signes et le Web sémiotique, en intégrant le côté pragmatique de l'Intelligence Naturelle humaine qui produit des informations contextualisées sujettes à discussion et négociation. Car les mots n'ont pas toujours le même sens et peuvent provoquer des malentendus à l'origine de maux entre individus !

Enfin la troisième réponse en faveur de la gestion des signes est que la manière binaire de raisonner classiquement n'est pas naturelle, car elle ne laisse pas la porte ouverte à la dimension psycho-logique du sens d'origine phénoménale. Lady Welby (1903), la contemporaine de Bréal, introduisit dans « What is Meaning ? » une théorie appelée *Signifique*¹⁰, évaluation de la signification linguistique qui tient toutefois davantage compte du sens non verbal lié à l'organisme, et de l'intention : « There is, strictly speaking, no such thing as the Sense of a word, but only the sense in which it is used – the circumstances, state of mind, reference, universe of discourse belonging to it. The Meaning of a word is the intent which it is desired to convey – the intention of the user ».

⁹ [<http://fr.wikipedia.org/wiki/Sémantique>, visité le 04/08/2013]

¹⁰ [<http://en.wikipedia.org/wiki/Significs>, visité le 04/08/2013]

En effet, tout comme les animaux, nous ressentons les choses à un stade neurologique avant de pouvoir les verbaliser. Cette « intelligence psychique et biologique » de la signification a été rappelée plus tard par Korzybski (1933) pour exprimer une autre logique non aristotélicienne qui englobe la logique propositionnelle d'Aristote : la *sémantique générale*¹¹. Il l'appelle ainsi parce qu'elle traite des réactions nerveuses du corps humain considéré comme-un-tout-dans-des-environnements, qu'elle est plus générale car elle tient plus compte de l'organisme que les significations des mots en tant que tels. Cette théorie englobe le système aristotélicien comme un cas particulier [Korzybski, 1998].

Sur un autre plan de la logique, du côté à la fois pragmatique et formel, Peirce (1931) avait proposé la *sémiotique* ou théorie du signe comme modèle d'apprentissage par l'expérience dont Korzybski s'est inspiré. Le Cercle de Vienne présente ensuite une unification des termes dans l'Encyclopédie de la Science unifiée [Morris, 1938] en comparant la *sémantique générale* à une *sémiotique* comprenant la *sémantique*, la *pragmatique* et la *syntaxique*. L'objectif est de montrer l'unité de la Science du point de vue philosophique, avec des principes de fonctionnement qui sont communs à toutes les disciplines, de la physique à la sociologie en passant par la biologie. Cette **vision holistique** propre au fonctionnement cérébral requiert un effort humain individuel et collectif pour décroquer les disciplines et leur donner du sens, celui d'une unité de perception se manifestant dans la diversité des expressions. Cela situe notre **recherche de l'interdisciplinarité** en Ingénierie des Connaissances et Interaction Homme-Machine à un autre niveau de complexité qui est celui de la transdisciplinarité et de l'intersubjectivité pour créer et innover dans notre société de l'information. Selon ce point de vue, l'informatique participe à l'effort d'objectivation sociale, c'est-à-dire la recherche d'un **consensus** en fournissant des outils d'analyse de données et de synthèse des connaissances permettant d'essayer « d'y voir plus clair ». Au centre du processus, il y a l'information que nous communiquons par des mots de notre langue, avec une syntaxique elle-même fondée sur notre héritage culturel (le rationalisme en France, l'empirisme dans les pays anglo-saxons, etc.). La qualité de l'information échangée conditionne la compréhension des individus entre eux pour la mise en commun de connaissances, c'est-à-dire d'informations génériques et consensuelles. La façon d'aborder les problèmes d'information s'en trouve modifiée.

En effet, il ne s'agit plus seulement d'optimiser la quantité d'information, c'est-à-dire le fonctionnement du canal entre un émetteur et un récepteur. Il s'agit plutôt pour le récepteur de **décoder** correctement le message afin qu'il soit en harmonie avec celui de l'émetteur, c'est-à-dire qu'il ait du sens partagé. Ce principe s'appuie tout d'abord sur la compréhension du développement cognitif humain propre à chaque individu. Le problème d'apprentissage du sens de l'être s'est posé dans le domaine du vivant avec l'explication du phénomène de reconnaissance anticipatrice proposé par Piaget (1969). Les choses n'existent pas en soi indépendamment des personnes qui les perçoivent. Chacun d'entre nous s'en fait une représentation virtuelle, un objet mental qui dépend de sa propre histoire (ontogenèse) et de celle de notre espèce (phylogenèse). C'est cette représentation psychologique individuelle des objets mentaux qu'il faut ensuite communiquer aux autres personnes pour se faire comprendre. Ce qui se passe dans mon cerveau quand je parle et que vous m'écoutez est-il bien en relation avec ce qui se passe dans votre cerveau ? Ces phénomènes de reconnaissance phénoménologique et sociale ont été étudiés par les psychologues, les neurobiologistes et les anthropologues. Ainsi depuis Piaget, on trouve de nouvelles conceptions du développement de l'intelligence moins linéaires et plus biscornues qui sont fondées sur le phénomène d'activation / inhibition [Houdé, 2008] et qui font dire que la cognition évolue comme « des vagues qui se chevauchent » [Siegler, 2001]. Dans le contexte récent où de nouveaux outils d'exploration par cartographie TEP (Tomographie par Emission de Positons) et IRM (Imagerie par Résonance Magnétique) permettent de visualiser dynamiquement le travail du cerveau, on ne peut pas prétendre s'intéresser à la pensée en se désintéressant de ce qui la produit [Changeux, 1983]. La *sémantique* n'est donc pas seulement un terme à considérer au carrefour de la linguistique et de la logique, mais il doit prendre en compte aussi les sciences du vivant, de l'homme et de la société comme fondement de la **signification** humaine.

¹¹ [http://en.wikipedia.org/wiki/General_semantics, visité le 04/08/2013]

Vers un Web sémiotique

J'ai découvert la sémantique générale, étude psychologique, sociale et logique du signe, de manière fortuite sur Internet, en réponse à une question que je me posais sur le terme associé de Web Sémantique¹², objet des recherches en Intelligence Artificielle pour rendre le « Web plus intelligent ». La combinaison d'un mot à connotation technique, le Web, avec un mot à connotation humaine, la sémantique, peut-elle réellement donner du sens et de la valeur aux recherches d'informations sur la toile ? Avec le Web sémantique, ne doit-on prendre en compte que la sémantique des machines interconnectées sans s'intéresser à celle plus psycho-socio-logique des internautes qui sont derrière les ordinateurs ? En effet, nous pensons que la question de la sémantique ne se résume pas seulement à la requête verbale ou écrite suivante de nature économique : «Je veux passer quelques jours au soleil avec ma femme et mes deux enfants, dans un hôtel avec piscine, la semaine de Noël. Budget net 1.500 euros.». Il ne s'agit pas seulement du sens linguistique en trouvant des solutions dans l'étude des mots au sein de cette phrase ! La sémantique qui nous intéresse est aussi plus profondément ancrée dans les signes non verbaux de la *perception individuelle* (psychologie, neurologie), qui eux-mêmes s'inscrivent dans un contexte spatio-temporel de *l'action communautaire* (activité, pragmatique), tout cela dans le cadre plus large de la *conceptualisation sociétale* (culture, esprit, religion) qui conditionne le mode de pensée de chacun de ses membres.

Web sémantique

Or, la sémantique du Web dont il est question en informatique est fondée sur la linguistique et la logique syntaxique pour une meilleure compréhension consensuelle des connaissances écrites. Elle s'attache à la relation qu'ont les mots (concepts) entre eux et repose sur le réalisme de ces objets qui existent indépendamment des individus. Les concepts sont reliés explicitement dans des **ontologies** par des spécialistes de la catégorisation (taxonomistes) qui « connaissent la vérité sur ces données du monde réel ». Pour Gandon (2008), une ontologie informatique est une représentation de propriétés générales de ce qui existe dans un formalisme permettant un traitement rationnel. Initialement, c'est le résultat d'une formalisation partagée, exhaustive et rigoureuse de la conceptualisation d'un domaine de connaissance [Grüber, 1993]. Pour aider les informaticiens à mieux définir ces choses qui existent, le W3C propose un ensemble de technologies dites du *Web sémantique* pour représenter et structurer les données sur le Web via des standards tels que RDF(s), OWL, SKOS et SPARQL. L'objectif est d'améliorer les recherches dans les graphes résultants afin de transformer ces données en informations, et ces informations en connaissances ou savoirs. Il s'agit de donner du sens rationnel et logique au Web des données interconnectées de manière syntaxique grâce à la catégorisation par des spécialistes pour obtenir des taxonomies. La sémantique du Web dont on parle ici est donc de nature qualitative, intensive et symbolique. Elle essaye de transposer les capacités de compréhension humaine par la représentation des connaissances dans les machines (caractérisation en intension), ces dernières devant communiquer entre elles de manière intelligente, donc assistées par des experts en définition d'ontologies. Cette tendance est caractéristique du domaine de l'Ingénierie des Connaissances dont nous appliquons les principes sur les objets métier au sein de notre équipe IC-IHM (c'est son côté Yin).

Mais la modélisation d'ontologies du Web sémantique permet-elle de bien décoder le sens de l'information émise par tous les individus qui n'ont pas la même façon de catégoriser que les experts ? Comprennent-ils la même chose sur ces objets de connaissance ? Partagent-ils le même sens ? Ont-ils la même interprétation ou s'en rapprochent-ils ?

Web social sémantique

En contraste avec la sémantique rationnelle, hiérarchique et structurée des spécialistes du Web sémantique qui outillent les experts pour faire un travail d'analyse et de synthèse descriptive au sein d'ontologies, une autre sémantique du Web de nature plus sociale, ouverte et extensive s'est mise en

¹² [http://fr.wikipedia.org/wiki/Web_sémantique, visité le 04/08/2013]

place avec l'arrivée du Web 2.0. Elle se fonde sur la communication des personnes, avec l'empirisme des objets qui sont propres à chaque individu [Shirky, 2005]. Les objets sont reliés non pas par une structure ontologique prédéfinie, mais par des tags (étiquetage par des mots-clés) qui reflètent le sens attribué par les personnes lorsqu'elles qualifient ces objets. Ces derniers sont par exemple des ressources vidéo sur YouTube décrites par des métadonnées. Une **folksonomie** est ainsi un dispositif de classification collaborative décentralisée de ces objets en classes, ces dernières étant caractérisées par l'union des tags choisis par les utilisateurs pour classer les objets. Cette nature « extensive » du *Web social* avec ses individus communicants produit du sens de nature plutôt quantitative. Le sens est évalué par rapport à la moyenne des occurrences des tags attribués aux objets de manière statistique.

En effet, les tags reflètent le vocabulaire émergent, puis courant des gens qui interagissent dans leur contexte au sein de communautés d'utilisateurs. Mais cette sémantique probabiliste de la folksonomie peut révéler des failles au niveau de la *bonne* dénotation du vocabulaire, avec par exemple l'ambiguïté des termes employés (même tag pour plusieurs concepts ou plusieurs tags pour le même concept). Mais surtout, qui décide de la valeur du sens, c'est-à-dire de la bonne compréhension de la classe ? Est-ce que cette valeur est reliée à la moyenne des avis des utilisateurs ? Ou bien est-ce qu'elle est déterminée par la compétence de certains utilisateurs plus talentueux ? La difficulté n'est-elle pas d'acquérir ou de transformer la classe en concept (classe nommée) qui fonde sa bonne compréhension ? Qui a raison ? Ces questions sont pour nous le problème central de notre approche du Web qui n'est pas bien résolu actuellement.

Dans les deux propositions sémantique et sociale du Web, on apprécie la valeur technologique pour résoudre un problème. Il s'agit de mieux maîtriser le **sens du Web** caractérisé par une très grande diversité d'informations disparates qui se propagent sur la toile de manière exponentielle et deviennent donc de plus en plus ingérables (infobésité). La sémantique du Web est donc de pouvoir ordonner les données disparates en les reliant pour ensuite pouvoir les traiter de manière plus rationnelle. Pour cela, l'aide des internautes est requise afin d'accélérer le processus d'organisation sur la toile avec l'étiquetage des informations par des mots-clés (tagging ou social bookmarking). La combinaison des deux approches sémantique et sociale du Web serait une piste prometteuse pour fonder le *Web social sémantique*, en s'appuyant sur la compréhension des êtres humains qui peuvent qualifier le contenu d'une ressource sur le Web.

Mais quid du **sens humain**, celui de la sémantique humaine de nature psychologique et philosophique et qui se traduit par l'action située ? Ce sens humain n'apparaît pas dans l'emploi des termes qui constituent les nœuds ou concepts représentés dans les ontologies du Web sémantique, ni même dans son architecture de présentation (figure 1). Idéalement, il faudrait qu'un consensus soit trouvé pour standardiser les mots-clés et leur structure hiérarchique, mais aussi éviter que l'indexation soit pervertie par des intentions douteuses d'internautes peu scrupuleux pour se mettre en avant. C'est dans le sens de la sécurité qu'il faut comprendre la couche de confiance associée à l'architecture du Web sémantique, il ne s'agit pas ici de gérer la confiance entre les usagers eux-mêmes. Pour cela, il faut passer au-dessus de la barrière de l'interface utilisateur et des applications pour s'intéresser au fonctionnement propre des personnes à qui on souhaite proposer des e-services.

Les sémanticiens du Web ont bien pris conscience du manque de lien avec les sémioticiens pour travailler sur l'intelligibilité des connaissances [Euzenat, 2000] [Gandon, 2008]. Mais la bonne compréhension entre les personnes ne se pose pas uniquement au niveau des interfaces utilisateurs à rendre plus ergonomiques, et des problèmes de représentation ontologique par une sémantique formelle adaptée. Les capacités multimédia offertes par le Web ouvrent la voie à une autre intelligibilité, celle de la signification des contenus qu'elle peut montrer entre usagers. Celle-ci s'apparente à une nouvelle forme de sensibilité plus corporelle, émotionnelle, comportementale, gestuelle à définir ...

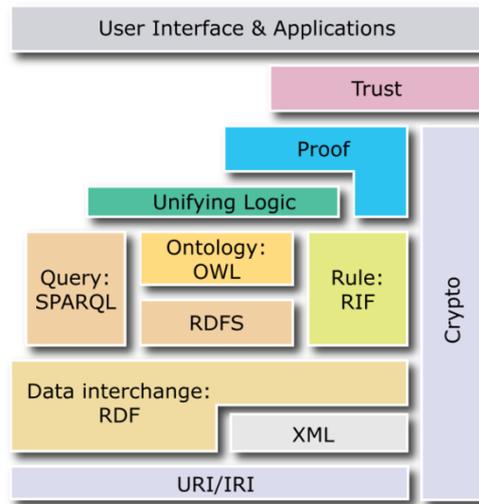


Figure 1. Les différentes couches de la sémantique du Web

En complément à l’approche socio sémantique techno-centrée de l’Intelligence Artificielle, focalisée sur la gestion du « big data », nous proposons une démarche plus vivante et naturelle, c’est-à-dire plus centrée sur les utilisateurs (user-centred design), qui se traduit par le côté Yang (IHM) de notre équipe IC-IHM pour la gestion des **objets usage**. Cette démarche est celle que nous avons mise en place dans le cadre de notre Plateau de Créativité avec le Web des signes depuis plus de quinze ans, mais sans le savoir réellement. Un exemple peut suffire à le démontrer.

Dans la figure 2 ci-dessous tirée d’un travail sur les coraux des Mascareignes en 1998, nous présentons un modèle descriptif (une ontologie) du domaine des *Pocilloporidae* sur le Web avec les objets associés aux nœuds de l’arborescence de description. Chaque concept est illustré par des images explicatives ou des animations (en Flash à l’époque) pour que l’expert puisse partager le sens des termes qu’il emploie, et afin que l’usager qui souhaite identifier un corail de cette Famille de coraux puisse répondre correctement au questionnaire.

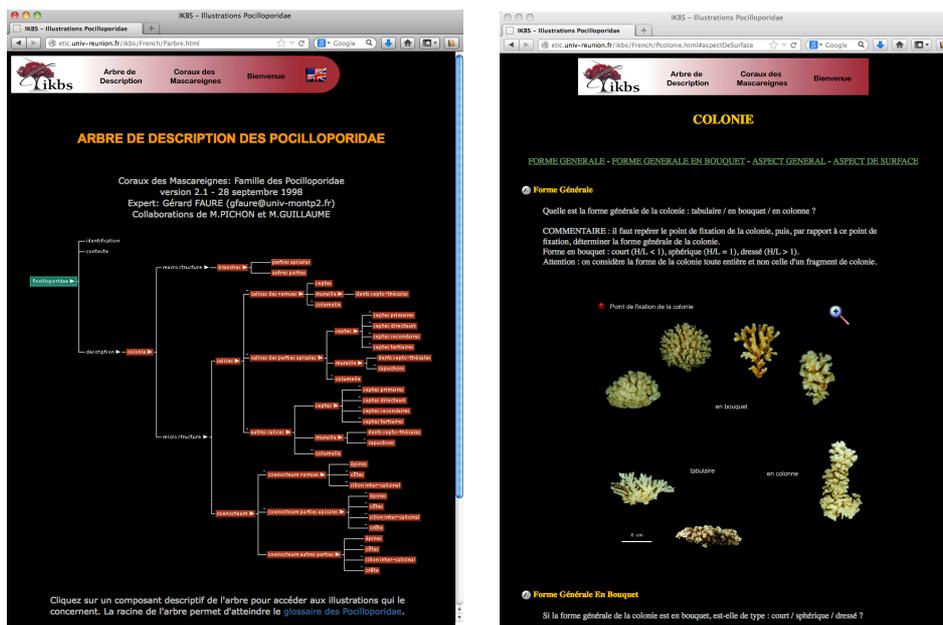


Figure 2. l’ontologie illustrée¹³ de la Famille des *Pocilloporidae*

¹³ [<http://etic.univ-reunion.fr/ikbs/French/Parbre.html>, visité le 04/08/2013]

Dans l'application sur les coraux des Mascareignes, le point déterminant pour arriver à bien identifier le nom d'un spécimen est de pouvoir le décrire correctement avec des valeurs d'attributs en employant les mots du vocabulaire de l'expert. Par exemple, qu'est-ce qu'une forme de la colonie en bouquet, en colonne, ou tabulaire ? Pour pouvoir décrire correctement ce caractère, il est nécessaire que l'expert donne son point de vue et montre à l'utilisateur des exemples concrets de ce dont il parle. Il faut donc introduire des référents de la forme en bouquet dans la structure du modèle pour limiter au maximum les erreurs d'interprétation des autres usagers. Cette dimension explicative n'est pas prise en compte par le Web sémantique car là n'est pas son objectif. Comme je l'ai déjà dit, son but est de relier les données du Web par des logiques formelles, comme celles des logiques de descriptions proposées par Napoli (1997). Ces logiques terminologiques décrivent les **objets métier** du Web sémantique en proposant un formalisme de représentation des connaissances d'un domaine. Les objets métier sont des entités conceptuelles qui possèdent une description syntaxique, et à laquelle est associée une sémantique. A ce niveau, c'est l'interprétation de la sémantique qui change pour décrire les concepts. Dans notre approche des signes, nous nous focalisons sur la fonction de **signification des objets et des relations** en plus de la fonction de représentation de ceux-ci. Notre interprétation ne consiste pas à définir l'ensemble des concepts et des rôles possibles pour représenter le domaine en question. Elle consiste à définir les modalités de mise en œuvre effective de ces concepts et relations avec le spécialiste pour modéliser son domaine, et à l'expliciter pour que d'autres personnes puissent l'exploiter convenablement. Par exemple, les relations qui sont indiquées dans le modèle descriptif de l'exemple de la figure 2 sont des relations de décomposition en sous-parties (encadré en rouge) et points de vue (non encadré). Les descriptions s'organisent du niveau le plus général au niveau le plus particulier selon différentes directions (dépendances et spécialisations). Ce guide est l'ossature d'un questionnaire qui permet aux usagers de comprendre la démarche de travail du systématicien [Conruyt, 1994]. Ces logiques sont dites descriptives car elles s'intéressent aux **objets usage** pour apprendre à observer. La navigation est ainsi orientée par la **volonté pédagogique** de l'expert de **guider l'observation** selon un ordre bien établi (du général au particulier). Il pourra très facilement rajouter des explications ainsi que des messages d'aide à l'observation à l'aide de boutons déclenchant des messages (quoi faire, comment faire, mise en garde avant une action, alerte après, etc.) pour éduquer l'utilisateur.

Web service social sémantique

Dans cette perspective de gérer aussi la sémantique humaine, nous avons souhaité ajouter une autre dimension à la démarche sociale sémantique proposée ci-dessus, celle de gérer des **contenus pédagogiques de qualité**, pour qu'ils soient de véritables services utiles et interopérables sur le Web. Ces contenus concernent les savoir-faire à mettre en œuvre pour que les usagers apprennent à se servir des outils pour les objectifs d'aide à la décision (classification, identification) ou d'apprentissage d'un domaine (performance musicale). Ils apparaissent sous forme de grains et doivent ensuite pouvoir être réutilisés pour d'autres usages pédagogiques. Nous prôtons pour cela la technologie des *Web Services*¹⁴ pour traiter l'interopérabilité de ces **objets usage**. Les Web Services sont une interface d'échange de flux XML entre des modules d'un Système d'Information, par exemple un module d'authentification de personnes qui « dialogue » avec un module de gestion de documents multimédia pour pouvoir traiter les objets (vidéo, images) en fonction des droits d'accès.

Il s'agira ensuite de confronter les points de vue des usagers experts en catégorisation et ceux des amateurs sur le terrain en proposant des référents sous la forme de cas et d'annotations multimédia qui permettent réellement de se faire comprendre. Ces contenus sont des objets audio et vidéo que l'utilisateur peut insérer dans des structures d'objets écrits et codifiés (des ontologies instanciées du domaine) pour illustrer son interprétation. Ils ont une vocation dans le domaine du e-learning en explicitant des savoir-faire et en les exposant à la critique constructive des autres usagers de la communauté. Par exemple dans le domaine du e-learning instrumental au piano, les structures écrites sont des partitions électroniques au format MusicXML qui peuvent être indexées par des contenus pédagogiques multimédia (figure 3).

¹⁴ [<http://www.w3.org/2002/ws/>, visité le 04/08/2013]

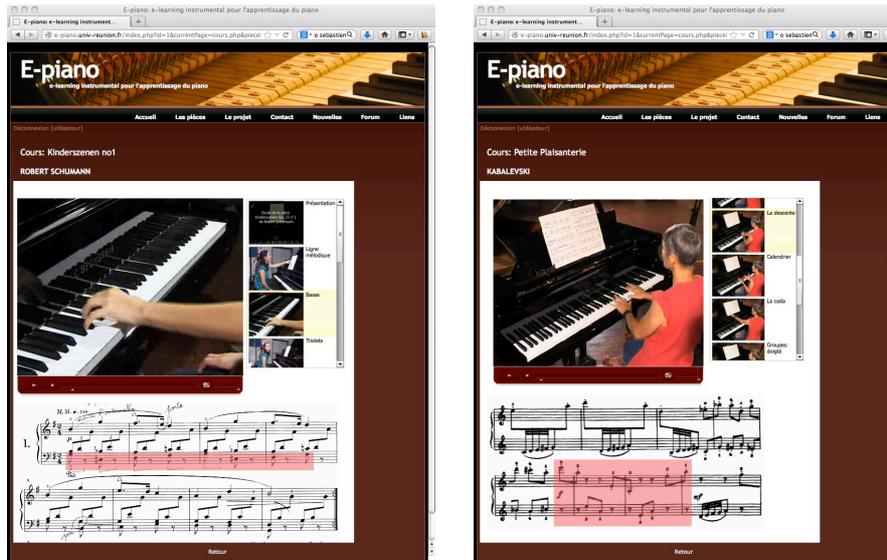


Figure 3. Quelques grains filmés des pianistes¹⁵ du conservatoire dans le projet e-piano

Ces contenus forment des **annotations** pour la notation écrite (partition) comme le montre les encadrés en rouge dans la figure 3. Elles pourraient constituer des bibliothèques de savoir-faire techniques qui serviraient d'exemples pour montrer comment résoudre un passage difficile de la pièce, et qui seraient repris pour d'autres pièces qui présenteraient les mêmes difficultés.

De même, la **dimension collaborative** d'un tel travail sur les contenus indexés dans des parties d'écriture (musique ou littérature) peut être valorisée entre professeurs et élèves. Par exemple, nous avons travaillé sur un système de **gloses**¹⁶ dans le cadre du projet e-guitare, permettant à des élèves de poser des questions au professeur, tout en montrant leur problème en se filmant avec leur Webcam (figure 4 à droite). Auparavant, un dispositif d'apprentissage sur DVD avait été co-construit avec les professeurs pour apprendre des pièces de guitare en profitant de six angles de vues, d'un karaoké synchronisé entre la vidéo et la partition ou la tablature, le ralenti à 50% de la pièce, le bouclage sur un passage, ainsi que des conseils pédagogiques sur les passages délicats (figure 4 à gauche). Ce dispositif e-guitare a eu beaucoup de succès, mais il était une solution unidirectionnelle du professeur vers l'élève.



Figure 4. Le DVD e-guitare¹⁷ et le système de gloses FIGS¹⁸

¹⁵ [<http://e-piano.univ-reunion.fr/>, visité le 04/08/2013]

¹⁶ Commentaire littéral sur un texte sous forme d'annotation critique ou explicative

¹⁷ [<http://e-guitare.univ-reunion.fr/>, visité le 04/08/2013]

Le système FIGS (Flash Interactive Guitar Saloon) permet aux apprenants de choisir un passage sur la ligne de temps de la pièce (les deux marqueurs jaunes de FIGS dans la figure 4), et de poster une annotation filmée. Ici, pas de partition, simplement une chronologie de la pièce. Lorsque le professeur est prévenu par email d'une publication d'un élève, il peut lui répondre en se filmant aussi pour lui montrer comment il résout le passage difficile, que ce soit une note, un fragment de la pièce, etc.. On a observé que le dispositif pouvait être détourné pour un usage différent mais tout aussi intéressant ! Les professeurs ont ainsi profité du dispositif en ligne pour soumettre leurs pièces d'examen aux élèves en se filmant, et en leur demandant de faire de même avant l'examen. L'astuce a été de permettre à tous les élèves de se voir entre eux, afin qu'ils puissent visualiser les choix techniques des autres, et de comparer leur exécution de la pièce pour se situer dans le groupe. Cela a créé un nouveau type d'émulation entre les élèves qui mérite d'être approfondi pour favoriser le travail d'équipe sur la musique instrumentale.

C'est le dispositif FIGS qui nous a fait penser à la suite du projet avec e-piano, dans la mesure où il devenait évident lorsque l'on a expérimenté le dispositif, de proposer des annotations filmées dans des partitions sur le même modèle que les annotations dans la ligne de temps. De même, ce sont les contenus filmés de qualité dans le projet e-guitare, pris sous six angles différents, ainsi que la qualité de la prise de son, qui nous ont fait penser au concept d'immersion pour apprendre.

Web immersif

En effet, il se trouve que c'est la même personne, Emmanuel Richard, un infographiste 3D formé à l'ILOI (Institut de L'image de l'Océan Indien), qui a réalisé à la fois les captations vidéo du projet e-guitare et une balade virtuelle dans le lagon en 2004 avec la spécialiste des poissons récifaux, Pascale Chabanet, et Florence Trentin de l'association Vie Océane. Il s'agissait du projet e-poissons (voir figure 5) du programme ETIC¹⁹ (Environnement Tropical Insulaire & Technologies de l'Information et de la Communication).

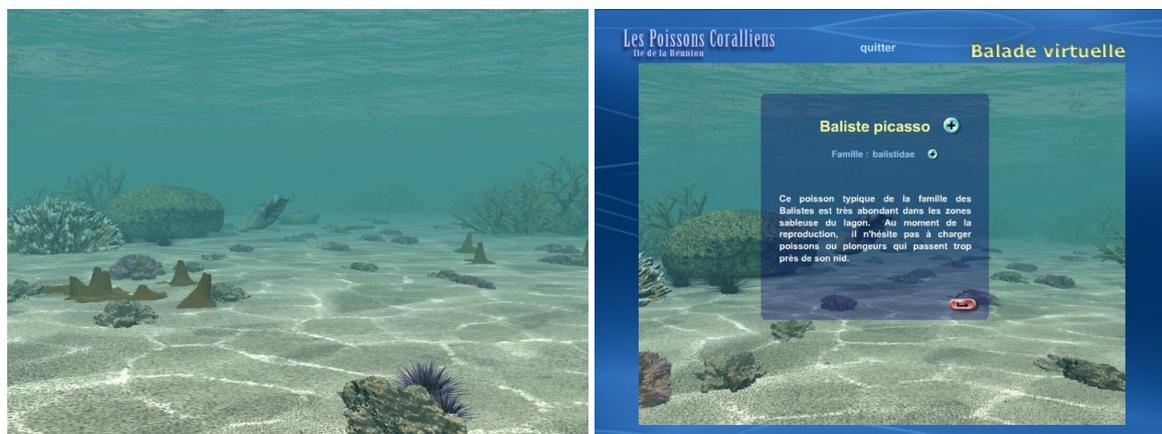


Figure 5. La balade virtuelle²⁰ dans les récifs coralliens de La Réunion et le projet e-poissons

L'idée a été de coupler la balade virtuelle dans le lagon avec un jeu d'identification et des fiches descriptives des 24 espèces que l'on trouve dans la zone d'arrière récif. Lorsque l'on clique sur le poisson, deux options sont possibles : 1) on accède directement à son nom et la description de l'espèce ou 2) on bascule sur la base de connaissances des poissons récifaux pour identifier le nom à l'aide d'un questionnaire. L'application a fonctionné à cette époque sur DVD avec un rendu pré calculé qui faisait presque aussi vrai que nature. Les comportements virtuels des poissons étaient fidèles à ce qu'ils font réellement dans le milieu. La qualité du rendu a fait le succès de cette application auprès

¹⁸ [<http://e-guitare.univ-reunion.fr/figs/>, visité le 04/08/2013]

¹⁹ [<http://etic.univ-reunion.fr/>, visité le 04/08/2013]

²⁰ [<http://immersion.univ-reunion.fr/wordpress/>, visité le 04/08/2013]

des enfants à la Fête de la Science pendant 2 ans. Il restait à attendre que les performances des ordinateurs s'accroissent pour pouvoir proposer la même balade en immersion 3D temps réel.

L'autre exemple est celui que nous avons développé dans le cadre du projet e-campus et qui permet aux usagers (étudiants, enseignants, administratifs) de se balader dans le campus virtuel de l'Université de La Réunion pour accéder aux informations utiles à connaître. Fin 2007, nous avons pu modéliser tous les bâtiments du campus de l'Université de La Réunion avec une équipe d'infographistes de l'ILOI. Nous avons utilisé le moteur de jeu vidéo Mafate de NpCube qui a servi à réaliser le jeu Dark and Light²¹ qui avait une renommée internationale en 2005. La figure 5 à gauche donne un exemple de l'interface utilisateur qui avait un meilleur rendu que Second Life [E-campus, 2007].

Dans la figure 5 à droite, l'utilisateur est guidé vers l'emplacement d'un bâtiment, par exemple la bibliothèque de la Faculté de Droit et d'Economie. La balade peut se poursuivre à l'intérieur de celle-ci pour accéder à l'emplacement d'un livre particulier qu'il aurait commandé. Cette application en immersion à l'Université de La Réunion date de 2013, elle fonctionne sur le Web avec Unity3D.

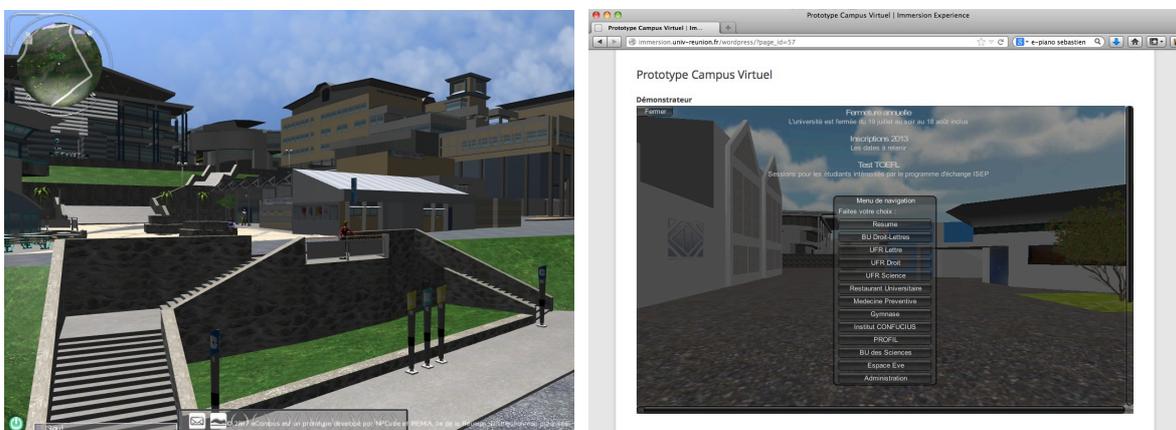


Figure 5. La balade virtuelle²² dans le campus de l'Université de La Réunion

Le *Web immersif* est donc la possibilité offerte par les mondes virtuels de pouvoir être immergé dans un environnement qui ressemble à celui que l'on connaît dans la réalité, et d'accéder dans l'espace et dans le temps à des contenus. Lorsqu'il s'agit d'un jeu vidéo sur ordinateur, on parlera d'immersion en creux.

On peut imaginer la suite de ces projets de balade virtuelle en étant connecté *in situ* dans le monde réel via l'immersion en bosse (smartphone ou tablette). Il s'agit alors d'utiliser les mobiles pour se connecter aux objets par le Web et recueillir des informations directement lorsque l'on se promène.

Un tel projet a fait l'objet de plusieurs demandes de financement qui n'ont pas pour l'instant abouti : le projet **WISDOM** (Wide Immersive Solution for Data Object Model) est un exemple de plateforme Web Ubiquitaire et Immersive qui est annexé à ce mémoire pour analyser l'ergonomie 3D issue de la rencontre entre les deux mondes immersifs sur tablette. Le sujet de thèse **SoLoMoCo** (Social, Local, Mobile, Connaissance) a été proposé pour obtenir une bourse au Conseil Régional et développer l'éco-tourisme à La Réunion en se fondant sur des e-services de découverte des paysages, habitats et patrimoines des milieux naturels et culturels. Ce sujet est aussi annexé à cette HDR pour montrer les développements à venir du Web sémiotique.

²¹ [<http://www.darkandlight.com/>, visité le 06/08/2013]

²² [<http://immersion.univ-reunion.fr/wordpress/>, visité le 04/08/2013]

Web sémiotique = Web (service social sémantique immersif)

Le Web sémiotique que nous proposons de développer pour les prochaines années dans notre équipe de recherche englobe donc les autres types de Web : le Web sémantique pour gérer l'intelligibilité des connaissances des spécialistes, le Web social pour établir des collaborations entre les personnes, le Web des services interopérables à partir des données, et enfin le Web immersif pour accéder aux informations de manière ludique.

Dans tous les cas, nous pensons que pour innover avec les personnes, une nouvelle démarche de dialogue entre ceux qui savent et ceux qui pratiquent en cherchant à savoir devient une nécessité pour résoudre le **problème** qui nous intéresse, à savoir **l'éducation avec les TIC**. Nous avons appliqué le Web sémiotique dans deux champs expérimentaux, c'est-à-dire celui de la **gestion de la biodiversité**, et celui de **l'apprentissage instrumental** en musique.

Avec le Web sémantique, on souhaite assurer le traitement des données de manière rationnelle. Mais pour résoudre un problème décisionnel, cela ne pourra pas suffire sans prendre en compte les besoins et les désirs des utilisateurs finaux du Web. Les fonctionnalités programmatiques sont certes nécessaires pour communiquer entre machines, mais cela n'est pas suffisant pour gérer la sémantique humaine. Car au-delà de ces solutions de **représentation** des savoirs qui intéressent les informaticiens, la question que nous nous posons en tant qu'ingénieur des connaissances (**cogniticien**) est de comprendre comment donner du sens et de la valeur aux informations traitées par les machines. Pour nous, il s'agit de considérer aussi leur **signification** pour chaque personne qui se trouve derrière les ordinateurs et qui est motivée par le fait de trouver une solution au problème posé. Au-delà de la modélisation des savoirs explicites que l'on peut retrouver dans des monographies ou des recettes de cuisine, c'est cette question de gestion des **savoir-faire** implicites avec les TIC qui a orienté notre désir de regrouper la recherche en Ingénierie des Connaissances et en Interaction Homme-Machine (IC-IHM) et de la renommer Gestion des **Signes** (GS), c'est-à-dire plus du point de vue du **sémioticien** (GS = IS + IHM) que du cogniticien (GC = IC + IHM).

En effet, la **gestion des signes** est une activité plus générale que la gestion des connaissances, car son focus est à la fois centré sur l'humain (la signification des objets usage) et sur la machine (la représentation des objets métier), contrairement à la gestion des connaissances qui est d'être centrée plutôt sur les technologies.

Conclusion

La gestion des signes étudie d'abord les phénomènes psychologiques qui sont à la base de la prise de décision et de l'action, puis observe les personnes en situation dans leurs activités quotidiennes, et enfin elle propose de modéliser et **décrire les activités** qui ont du sens et de la valeur pour les individus ciblés. Cette Ingénierie des Signes (IS) englobe l'interprétation numérique (à l'aide d'ordinateurs) et humaine (à l'aide de cerveaux) dans un processus : 1) d'évaluation, 2) de construction et 3) d'exploitation de la signification de ses constituants : données (contenu), informations (forme), connaissances (sens).

L'ingénierie des connaissances que nous appliquons dans l'équipe depuis dix-huit ans est ainsi plus proche de la gestion des signes du point de vue de la sémiotique que de la gestion des connaissances du point de vue de la sémantique. La sémantique puise sa source dans la linguistique de F. de Saussure avec le couple signifié-signifiant formant une dyade. Notre sémiotique s'inspire de la **pragmatique** de C. S. Peirce en introduisant en plus les référents pour former une triade données-informations-connaissances (Figure 6).

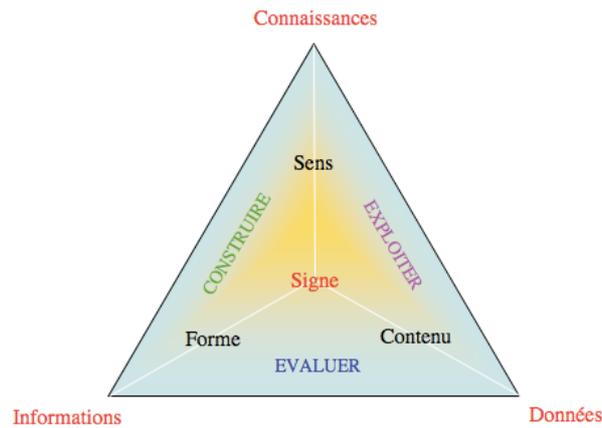


Figure 6. Les constituants du signe dans la gestion du signe

Nous avons ainsi exploré la gestion des signes par tâtonnement pendant de nombreuses années dans deux domaines, la biologie et la musique, sans réellement savoir si ce concept pouvait se justifier au niveau de la recherche. Car il va sans dire que cette nouvelle dénomination peut provoquer un débat dans le milieu de l'IA. A quoi cela sert-il d'introduire la gestion des signes (Sign management) alors que le terme consacré dans le domaine est celui de la gestion des connaissances (Knowledge management) ?

La question revient finalement à se demander qu'est-ce qui est le plus important dans l'environnement dans lequel nous vivons. Est-ce que ce sont les choses qui nous sont données à voir et que nous souhaitons modéliser de la manière la plus objective possible avec le Web sémantique ? Ou bien est-ce que ce sont les interprétations que nous construisons sur ces choses, et que nous délivrons comme autant de signes aux autres personnes que nous souhaitons comprendre avec le Web sémiotique ? Mettons-nous plutôt le focus sur la **compréhension intersubjective** des individus pour améliorer la vie en communauté ou bien focalisons nous notre attention sur la performance des logiciels à traiter de manière plus efficace le « big data » problème que nous voyons se répandre sur la toile ?

Je pense que **l'interdisciplinarité** de la démarche que nous avons entreprise est une réponse qualitative à ces questions. Nous privilégions une approche plus durable avec la gestion des signes, en misant sur la collaboration entre les personnes par échange et partage de leurs savoir-faire sur le Web plutôt que sur la compétition entre elles par extraction et diffusion de savoirs bien établis et monnayables.

Les connaissances sont ce qui se trouve entre les oreilles des individus, c'est-à-dire dans le cerveau, et cela ne peut pas se gérer comme l'information qui circule entre les individus. Elles sont tacites. Ou alors ces connaissances sont explicitées dans des écrits, par exemple des monographies en Systématique ou des partitions en Musique. La gestion des connaissances ne peut donc concerner que ces savoirs fossilisés dans des Muséums ou des Conservatoires. Comment les faire vivre ?

La gestion des signes nous semble une direction de recherche innovante pour rendre les connaissances plus vivantes avec des contenus mis en forme de manière esthétique, sensée et rationnelle. La **gestion des signes** est donc un terme plus approprié pour désigner le processus de transformation des données en informations puis en connaissances entre les individus selon une approche centrée avant tout sur l'humain.

SEMIO-TIC

Dans cette partie, je vais vous exposer ma démarche de recherche interdisciplinaire depuis la thèse en informatique que j'ai soutenue en 1994. Il s'agit d'étendre la méthode d'acquisition des connaissances expertes développée sur les objets biologiques à celle de l'acquisition des signes qui englobe à la fois les objets biologiques et musicaux.

Comme on l'a vu au chapitre 1, le problème est de passer de la représentation des données et des connaissances à leur signification pour les services d'informations. Dans cette démarche de nature sémiotique, les objets que nous souhaitons acquérir et traiter ne sont pas neutres. Même s'ils sont issus du monde extérieur, comme le sont par exemple les coraux, ils n'en gardent pas moins une représentation (une intension) et une signification (une intention) pour celui qui les observe ou les manipule.

Cela peut sembler plus évident pour la musique que pour la biologie. Une pièce musicale est écrite et jouée par un compositeur interprète qui mobilise sa pensée artistique pour produire des émotions. Mais le spécialiste en systématique, lorsqu'il récupère un échantillon de corail du milieu, fait aussi une interprétation de la situation en opérant un choix dans son prélèvement, qu'il soit de nature esthétique (choix de l'échantillon), éthique (respect du milieu) ou authentique (vérité taxonomique).

L'interprétation de l'observateur est donc au cœur de la méthode de gestion des objets qui nous intéressent pour la construction des savoirs. L'interprétation du spécialiste reflète à la fois une réalité extérieure qui se veut objective du point de vue scientifique, et une motivation intérieure par nature subjective, car d'origine psychique (affective) et culturelle. La tension entre l'intention projetée (la motivation), l'expression qui s'incarne dans les mots du langage (la forme), et la référence désignée (le fond ou le contenu) est à l'origine de la définition de notre méthode de **gestion des signes** pour expliquer l'interprétation de l'observateur. Cette dernière explicitation nécessite de notre part une **recherche** encore plus **impliquée** qu'appliquée, car sans cet engagement auprès des personnes, elle ne peut pas extraire facilement la subjectivité du chercheur en sciences naturelles et humaines qui est de nature psychologique !

Notre implication en tant que chercheur en IA se manifeste donc dans la quête du *sens* que l'observateur expert attribue aux signes, et qui relie la *forme* et le *fond* de son objet de recherche. Pour le logicien Frege (1882/1971) la **signification** d'un terme (forme, expression) dépend de sa référence (Bedeutung, fond, dénotation, extension), mais aussi de son sens (Sinn, contexte, conditions de vérité, intension)²³. Il s'agit là d'une définition statique de la signification.

Pour la rendre plus dynamique, notre méthode de gestion des signes s'appuiera quant à elle sur la sémiotique de C.S. Peirce, qui elle-même est dérivée de la phénoménologie de E. Husserl [Arino, 2008, p. 90-105]. Cette sign-ification (construction du signe) est fondée sur la **computation** de ces différents éléments mis en mouvement, la **sémiosis**, pour acquérir des connaissances.

De plus, nous faisons l'hypothèse que la pensée constructrice de savoirs est un système de traitement de l'information relatif au développement des individus dans l'espace et dans le temps [Siegler, 2001] et que le problème de l'origine de la logique est un problème d'ordre psychologique et biologique [Reeves, 1990].

²³ [http://www.semantique-gdr.net/dico/index.php/Sens_et_dénotation, visité le 17/07/13]

Modélisation du Signe

Pour cette mise en mouvement psycho-bio-logique qu'est la signification, nous avons défini le **signe** sous une forme *tétraédrique*. Le signe est symbolisé par un **tétraèdre** qui est une sorte de pyramide à quatre triangles équilatéraux. Il s'agit d'un **objet volumique tridimensionnel** permettant de symboliser les **quatre facettes** du signe : **l'action située** (les faits ou inscriptions de référence), **la communication** (le sens donné à l'action), **l'objectif** (l'intention projetée par le sujet) et **la réalisation** (les moyens mis en œuvre).

Nous utiliserons de préférence cette représentation volumique par rapport à celle qui est couramment admise pour représenter le signe *triadique* de la sémiotique sous la forme d'un triangle aplati. La première raison tient au fait que notre tétraèdre permette de décrire les quatre dimensions du signe définies précédemment et explicitées plus bas, c'est-à-dire l'action située (**qui, ou, quand**), la communication (**qui parle et pourquoi**), l'objectif (**pour faire quoi**) et la réalisation (**comment faire**). La seconde raison est que nous pouvons inscrire le nom du sujet dans l'interprétation des objets, cette signature nous permettant de pouvoir constituer des **bases de signes** afin de comparer différentes inscriptions de ces interprétations d'un même objet. La troisième raison est que nous apportons une originalité dans l'utilisation de la sémiotique avec l'informatique. En effet, à la suite de la théorie du signe de C.S. Peirce et de celle de C.W. Morris qui décomposent celle-ci en trois parties (la pragmatique, la sémantique et la syntaxique) au sein d'une triade (triangle), nous faisons émerger une quatrième dimension issue de la mise en relation des trois autres par les Technologies de l'Information et de la Communication : la **SémioTIC**. Il s'agit de la gestion des signes mise en forme par les TIC pour amener une nouvelle dimension en complément de la représentation des connaissances en machine, celle de la signification de ces connaissances pour différents humains par la simulation et le partage des signes.

L'action située

L'action située est une approche dont la méthode privilégie la description de situations particulières dans leurs contextes [Nardi, 1996]. Le modèle est **constructiviste**. Il met l'accent sur la nature émergente et contingente de l'activité humaine qui est héritée des pratiques pour résoudre des problèmes. La structuration de l'activité n'est pas planifiée à l'avance, elle se construit au fur et à mesure à partir des **comportements** opportunistes observés en situation réelle. Toute action dépend étroitement des circonstances matérielles et sociales dans lesquelles elle a lieu [Suchman, 1987]. Il s'agira donc dans un premier temps d'évaluer les situations comportementales du sujet dans son contexte environnemental.

Une histoire commence toujours par la formule « Il était une fois quelqu'un en tel lieu ». Afin de situer le décor de notre histoire des signes, nous créons **l'axe physique de l'espace et du temps** (où, quand) pour placer l'individu (qui, le sujet) dans son contexte géographique et historique à tout moment donné (voir figure 7). Par exemple, pour situer mon action dans l'espace et le temps, **je suis donc** à La Réunion, île de la Zone Sud Ouest de l'Océan Indien, en 2013. Cet **axe physique** qui représente « la flèche de l'espace et du temps » est aussi un **axe biologique** car il resitue le vivant dans son **milieu** [Uexküll, 1956] avec la suite des actes singuliers mémorisés sur les objets de son environnement.

Le milieu propre de l'homme, c'est le monde de sa **perception**, c'est-à-dire le champ de son **expérience** où ses actions sont orientées et réglées par les **valeurs** vitales des tendances du moment (survie, sécurité, amour, etc.) de manière pragmatique. Il trie et qualifie les objets, les situe les uns par rapport aux autres et tous par rapport à ses préoccupations [Canguilhem, 1962, p. 180-191]. Selon la **théorie biologique** de Jakob von Uexküll (1926), chaque vivant possède son propre milieu de comportement (Umwelt²⁴) dans lequel **il agit** au cours de sa vie en fonction de ce qu'il recherche, c'est-à-dire de ce qui fait sens pour lui (voir l'exemple du monde de la tique).

²⁴ [<http://fr.wikipedia.org/wiki/Umwelt>, visité le 17/07/2013]

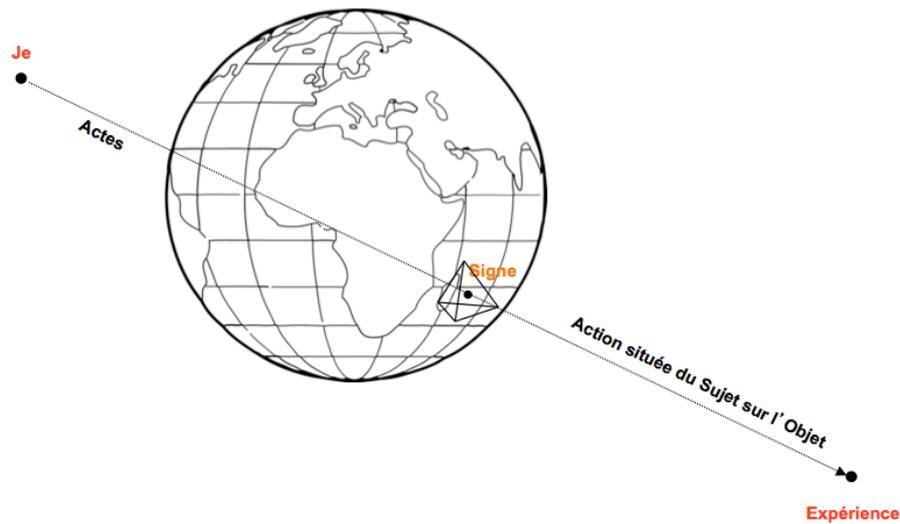


Figure 7. Axe de l'action située du sujet sur l'objet : qui, où et quand ?

La flèche spatio-temporelle représente donc notre mémoire des signes informationnels (base des inscriptions passées) et constitue notre expérience vécue (le faire), unique pour chaque sujet. Il représente le plan de l'expérience factuelle, matérielle, corporelle, individuelle, reposant à la fois sur la biologie pour l'intention et l'interprétation du sujet, la physique pour l'action sur l'objet, et les mathématiques pour le traitement rationnel des référentiels spatio-temporels.

Ce monde de la perception subjective est inscrit dans le temps ontogénétique de chaque sujet au cours de sa vie. C'est donc l'étude de la subjectivité des individus dans le contexte spatio-temporel qui fait l'objet de ma recherche scientifique. Nous suivons en cela une philosophie **biosémiotique** [Barbieri, 2007] et évolutionniste de la connaissance qui s'élabore de manière signifiante et constructive entre l'organisme et son milieu.

En effet au plan épistémologique, notre intelligence se construit au fur et à mesure de notre développement depuis notre naissance jusqu'à l'âge adulte (ontogenèse). Pour J. Piaget (1967), la cognition humaine suit le modèle de l'évolution des espèces (phylogenèse) proposé par C. Darwin [Houdé, 2008]. Nous sommes en interaction permanente avec notre environnement. Pour Piaget, ce qui est essentiel, c'est l'action de l'enfant sur les objets qui l'entourent (exploration, manipulation et expérimentation). Il ne s'agit pas d'un apprentissage passif fait d'associations et d'habitudes spectatrices. Nous pouvons donc faire l'hypothèse que **nous sommes ce que nous faisons** à titre individuel, et que nous inscrivons nos actes dans notre corps et dans nos gènes pour transmettre nos pensées, nos structures intellectuelles et nos expériences à nos enfants.

Par exemple, pour cette HDR, objet d'une réflexion de recherche intense et complexe sur la gestion des signes, l'histoire se situe à Saint-Denis de La Réunion, et sera mémorisée (inscrite) lors de ma soutenance à l'université de La Réunion. Cette réflexion sous la forme d'un mémoire synthétise toute mon activité de recherche depuis la thèse (mai 1994), mais s'appuie aussi sur les expériences plus lointaines qui remontent à l'adolescence comme la pratique du sport collectif (football au Stade Rennais), de la musique (Conservatoire à l'Haÿ-Les-Roses) et de l'alpinisme (Club Alpin Français à Paris). Je dirais aussi que mes ascendances culturelles voire génétiques (?) ne sont pas étrangères à cette quête de vérité, en ayant eu un père polytechnicien plutôt mathématicien et un grand père égyptologue (professeur à La Sorbonne) plutôt littéraire qui m'ont sans doute transmis le désir de bien faire à la fois en sciences exactes et humaines pour la recherche. Tout cela n'est qu'hypothèse comme je l'ai écrit plus haut ...

Pour commencer la recherche située, l'axe spatio-temporel est celui du **signe pragmatique** de l'action du sujet sur l'objet, qui exprime la relation entre les signes et leurs utilisateurs dans la vie quotidienne. Il traverse une des faces du tétraèdre en direction de l'avenir, pour constituer l'expérience individuelle à partir de chaque acte mémorisé. L'action qui prédomine est celle d'un **apprentissage** concret de l'objet par la pratique (perception-action) qui fonde une partie de la connaissance experte (le savoir-faire).

La communication

Après avoir introduit la dimension physique, biologique et spatio-temporelle relative à notre Genre humain, je vais ensuite me présenter à vous en tant qu'individu, c'est-à-dire comme sujet **engagé** dans une activité de Recherche et Développement à La Réunion. J'introduis pour cela **l'axe psychologique et philosophique de celui qui parle** avec son langage (figure 8). Je souhaite communiquer un message par des mots qui sont porteurs de **sens** et de **valeur** (pourquoi). Cet axe traverse une autre face du tétraèdre dans une direction qui signifie ce qui nous anime chacun d'entre nous. Il s'agit du **signe sémantique** de la communication du sujet sur l'objet.

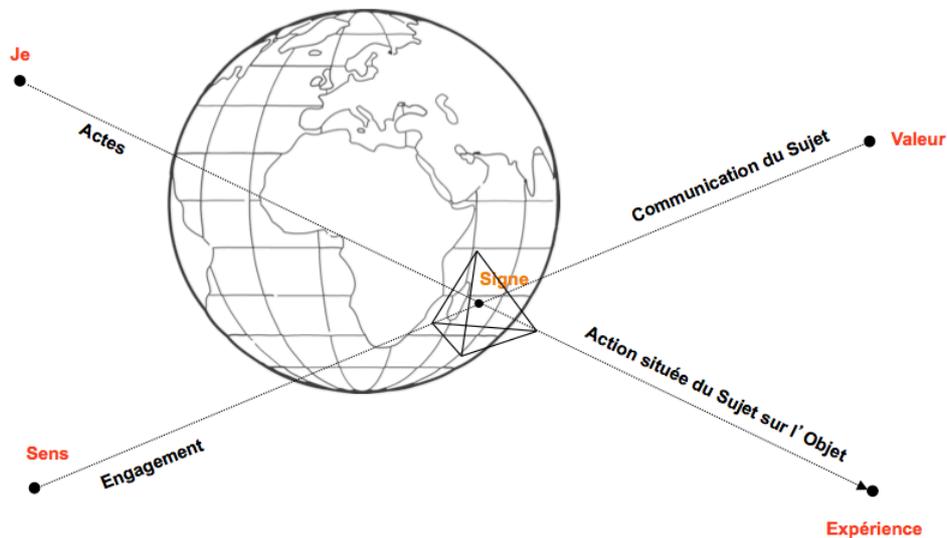


Figure 8. Axe de la communication du sujet : Qui parle et pourquoi ?

Par exemple, le message que je souhaite transmettre est le suivant : ce qui caractérise notre humanité, c'est notre liberté de créer, de transformer, voire de détruire, c'est-à-dire notre responsabilité dans la gestion de notre territoire.

Une prise de conscience récente est que cet espace est fini, qu'il s'agit d'un bien commun, et qu'il va bien falloir en prendre soin si nous ne voulons pas que notre Espèce ne disparaisse (à moins de nourrir l'idée qu'il existe une autre planète à conquérir dans l'univers qui puisse nous accueillir). Nous avons donc la responsabilité de léguer à nos enfants un monde viable, vivable, équitable, c'est-à-dire durable.

À l'image de La Réunion, le monde est une île dont les ressources sont limitées. Avec l'augmentation rapide de la population, il va bien falloir apprendre à partager. Pouvons-nous montrer l'exemple à La Réunion de ce que serait un développement réellement durable ? Pour commencer, la préservation des milieux passe par une meilleure connaissance de ceux-ci, car on ne protège que ce que l'on connaît et aime ... Mais cette connaissance n'est pas acquise d'emblée, car elle nécessite un apprentissage, et donc d'abord une envie d'apprendre. Alors, quelle pourrait être la source de cette **motivation** (motivation pour l'action) d'apprendre ?

Avant tout, notre responsabilité dépend de la satisfaction équilibrée de nos besoins vitaux primaires (avoir) et secondaires (être).

Le psychologue A. Maslow (1943) hiérarchise d'abord les besoins physiologiques à satisfaire pour garder la santé (boire, manger, dormir, etc.), puis les besoins de sécurité pour la protection physique et morale (logement, revenus), puis les aspirations de reconnaissance par la socialisation de groupe (communication, intégration sociale, familiale, affection, amour). Suivent ensuite les besoins de considération et de prestige (estime de soi) et ceux de la réalisation personnelle (accomplissement). Dès lors que l'on satisfait les besoins primaires (avoirs vitaux physiologiques et sécuritaires), on peut chercher à réaliser les besoins secondaires (être social, reconnaissance, sagesse).

En ce qui me concerne, je me situe inéluctablement dans la recherche de la satisfaction des besoins secondaires. La situation du fonctionnaire est pour cela enviable du point de vue psychologique pour la sécurité. Inversement, du point de vue philosophique, le principe est qu'en étant payé par le public et ayant à gérer des projets financés sur fonds publics, nous devons **rendre service** à celui-ci en priorité (pour éviter ce que le sociologue P. Mallein appelle la « double déconnade »²⁵). Ce public est bien ancré sur un territoire et attend de plus en plus un retour de la recherche.

Ainsi, je ne fais pas de la recherche pour l'accroissement de la connaissance en général, objectif théorique, mais bien pour la **valorisation** des connaissances particulières de certaines personnes comme les experts d'un domaine ou des talents locaux. Elles ont des savoirs et savoir-faire concrets ancrés dans des lieux géographiques qu'il est intéressant d'éditer et de distribuer pour les faire connaître.

Ayant reçu une formation initiale en biologie (en tant qu'ingénieur en agriculture) et ayant travaillé deux années sur les systèmes experts en pathologie végétale à l'INRA (Institut National de la Recherche Agronomique), j'ai pu côtoyer des spécialistes qui m'ont montré leur savoir-faire sur le terrain pour identifier les maladies des plantes. J'ai aussi pu apprendre au contact de quelques experts en guitare classique dans différents conservatoires pendant des années, ce qui a déterminé la volonté de m'inscrire dans une démarche de **transmission ou de partage des connaissances** auprès des apprenants de ces deux domaines.

En tant qu'informaticien, nous ne concevons donc pas l'informatique comme un objet de science en lui-même, mais plutôt comme un moyen d'améliorer les services aux personnes ciblées grâce aux Sciences des Technologies de l'Information et de la Communication (STIC). Notre vision est donc plus « centrée sur les utilisateurs » d'un territoire réel avec ses habitants que « centrée sur les technologies » d'un monde virtuel, comme l'est le Web en mutation permanente. Nous sommes sur une île sans industries, éloignée des grands centres de la recherche, et avec des spécificités d'un environnement tropical insulaire. Nous ne pouvons pas rivaliser avec les grands laboratoires de recherche technologique. La priorité à La Réunion est donc de chercher à développer des niches de services utilisant les STIC pour un usage adapté au contexte régional de sa population. L'aide à la gestion de la biodiversité insulaire tropicale par les TIC possède donc du sens pour que ce thème puisse être développé à La Réunion, en exploitant des concepts nouveaux pour la gestion de bases de connaissances distribuées, c'est-à-dire la **gestion des signes**, et des outils nouveaux, des **bases de signes** pour partager les savoir-faire. Enfin, ce n'est pas tout de le dire, il faut le faire !

Du côté de la musique, il s'agira de valoriser les savoir-faire des professeurs par les technologies et outils de travail collaboratif à distance (Computer-Supported Cooperative Work ou CSCW) et les usages de ces technologies dans le cadre du e-learning instrumental (Computer-Supported Collaborative Learning ou CSCL). Les objets musicaux concernés sont multimédia (texte, son, image). Ils ne sont pas neutres : ils sont porteurs de l'intention, du sens et de l'engagement de leurs auteurs (compositeurs). Les inscriptions de leur interprétation nécessitent donc des **systèmes à base de signes** plus élaborés que le système à base de connaissances IKBS que nous avons conçu pour gérer les savoirs en biologie. Le e-service que nous proposons en musique aura des retombées pour l'enseignement en ligne ou les TIC pour l'Education (TICE) : il permettra de proposer d'augmenter des cours à distance par des annotations multimédia sur les savoir-faire des professeurs. Les

²⁵ [<http://www.auteurs.net/spip/Jeu-di-9h-Penser-paradoxal-pour.html>, visité le 17/07/2013]

annotations multimédia sont beaucoup plus explicites que le simple texte écrit pour la compréhension du public en général.

L'engagement de la recherche dans la société en la faisant descendre dans la rue est donc pour nous le fondement de la valorisation. Ce mode d'**innovation sociale et ouvert** est néanmoins un axe insuffisamment développé à l'université actuellement, car peu valorisé. Quand on parle de valorisation, on parle trop souvent de technologie et pas assez de contenu et d'usage. Valoriser les contenus et les usages par les technologies est donc la **signification** de notre recherche à l'île de La Réunion ! Cela s'est traduit par la mise en place d'un Living Lab en Teaching et Learning au sein de l'Université de La Réunion, dont l'initiative a été reconnue par un label européen en 2011, celui du réseau ENoLL (European Network of Living Labs) et soutenue par la Commission Européenne.

Le second axe est donc celui de la communication du sujet (ce qu'il dit) : l'individu souhaite **donner du sens à son action sur l'objet**. La communication du sujet passe par la verbalisation de ses idées dans un discours, composé de mots d'un langage, eux-mêmes porteurs de significations. La communication est fonction de ses valeurs (éthique du bien, esthétique du beau, efficacité, responsabilité, etc.), du contexte (La Réunion), et de ce qui guide son action (convictions personnelles). Il ne s'agit donc pas seulement d'un axe de **sémantique linguistique** comme indiqué par le sens des mots, la relation interne entre signifié et signifiant [Saussure, 1916]. Il s'agit aussi d'une **sémantique comportementale** (sens de la personne qui s'engage), de la volonté d'opérationnalisation du sujet sur le terrain, donc une communication tournée vers l'action située de manière pragmatique, sémantique et syntaxique [Morris, 1971].

Cet axe de sémantique humaine, celui du sens du beau et du bien, est de nature psychologique et métaphysique, car il véhicule des **valeurs** sensibles sur ce qui fonde notre liberté à agir (énaction), notre motivation profonde, notre volonté, notre intime conviction. Nous pensons en effet que nos actes ne sont pas neutres, ils communiquent aux autres notre personnalité. Cette dernière peut être tantôt égoïste et individualiste, à finalité économique ou mercantile, dans un sens où le service signifie « **se servir** ». Ce sont les Takers de A. Grant (2013). Elle peut aussi être plutôt altruiste et généreuse, dans le sens contraire, plutôt écologique ou empathique, c'est-à-dire où le service signifie « **rendre service** ». Ce sont des Givers. Le regard et les remarques des autres nous questionnent en retour sur notre manière d'être, indépendamment de nos savoirs et savoir-faire. On peut ainsi mettre en regard le Quotient Intellectuel (QI) avec le Quotient Emotionnel (QE), ce dernier ayant une valeur de plus en plus importante pour la vie en société prônant un développement durable fondé sur la réputation (le don de soi à la communauté ou la gratuité).

Donc, notre **savoir-être** est déterminant pour promouvoir un **mode de développement désirable** à La Réunion : nos actes dépendent des valeurs que nous portons et que nous communiquons aux autres par notre langage et nos actions. Comme nous sommes influencés par notre environnement social, notre engagement a aussi valeur d'exemple. Nos intentions s'inscrivent dans notre développement cognitif dès l'enfance (sens de l'esthétique, de l'honnêteté, de l'authenticité, de la sincérité, de la transparence, etc.) dans notre environnement familial. Nous projetons donc nos valeurs (attitude, le dire) sur l'axe spatio-temporel par des actions (comportement, le faire), ce qui détermine notre savoir-être en société. Nous construisons ainsi le signe (signification) de la communication du sujet par nos mots (le dire), et ce signe rencontre le précédent sur l'axe spatio-temporel (le faire), permettant d'évaluer notre cohérence humaine entre nos actes et nos paroles.

L'objectif

Le **troisième axe** est de nature **technologique**. Il symbolise la convergence des réseaux, de l'informatique et du multimédia pour fabriquer des **Services TIC (e-services)**. Il traverse une autre face du tétraèdre en profondeur et symbolise l'ingénierie du projet (figure 9).

Il s'agit du **signe syntaxique** pour se donner les moyens d'inscrire par des outils de représentation une solution adaptée à un véritable usage. La résolution du problème énoncé plus haut fait appel à des

moyens technologiques (outils) et des méthodes en Intelligence Artificielle [Conruyt *et al.*, 2012] qui font notre spécificité dans l'équipe Ingénierie des Connaissances et Interaction Homme-Machine (IC-IHM) au Laboratoire Informatique et Mathématique (LIM) de l'Université de La Réunion (UR).

Mais ces moyens technologiques (télécommunication, informatique, multimédia) sont déployés pour être mis au service des contenus et des usages dans la problématique posée. Car il ne s'agit pas de renverser le problème : la solution à trouver est centrée sur les usagers (user-centered design) et non pas centrée sur les technologies.

Par exemple, la technologie pour représenter les connaissances en machine n'est pas un but en soi pour notre recherche à La Réunion dans le cadre de l'équipe IC-IHM. Notre objectif est de fabriquer des e-services pour aider à la résolution des problèmes de valorisation des contenus produits par des spécialistes, que ce soit dans le domaine environnemental ou dans le domaine musical. La nature du service que nous avons proposé depuis ma thèse est celle de l'**acquisition des connaissances** selon un certain processus (protocole) utilisant les TIC. On pourrait nommer ce e-service sous sa dénomination spécialisée dans le domaine en question, venant se substituer à l'objectif du sujet : e-systématique, e-learning musical.

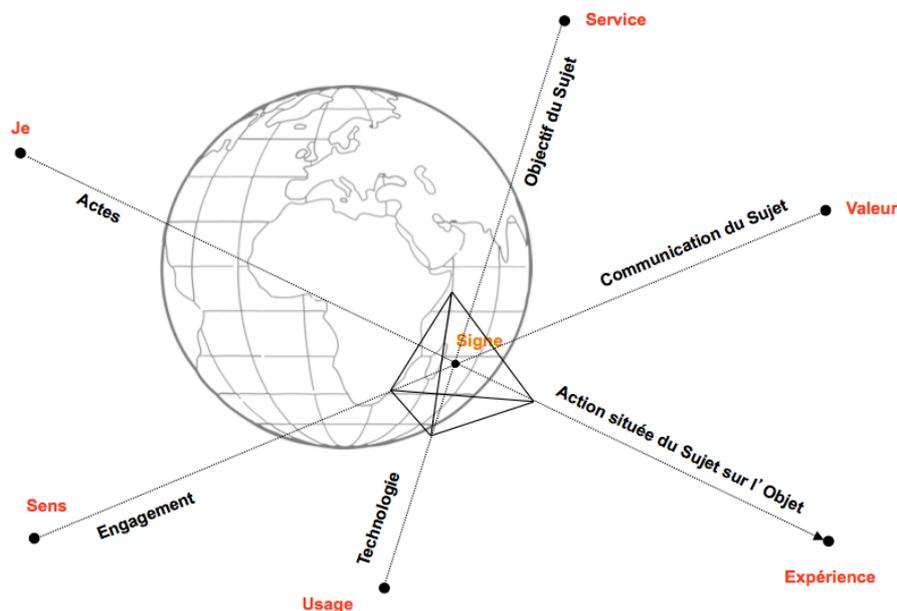


Figure 9. Axe de l'objectif du sujet : Pour quoi faire ?

Il s'agit donc de proposer un outil d'aide à la modélisation, description, classification et identification de signes dans les sciences expérimentales et artistiques, comme la biologie et la musique. Les technologies de représentation de l'information permettent de construire des **ontologies** (définition de l'observable d'un domaine), puis de renseigner des cas d'observation à l'aide de ce modèle (description des observés du domaine). La confrontation entre les deux niveaux (observable et observé) est assurée par itérations successives entre le modèle et les exemples comme c'est le cas avec la plateforme IKBS [Grosser, 2002]. Il s'agit donc d'une démarche de **cognition** empirique de type poppérienne hypothético-déductive (conjecturer et tester). Quoi qu'il en soit, ces outils ont été conçus en partant de l'analyse des usages découlant d'un véritable désir d'améliorer l'apprentissage humain de ces domaines dans un objectif de meilleure **compréhension** : la technologie au service des usages et non l'inverse ! C'est pourquoi nous avons introduit les **logiques descriptives** pour apporter le point de vue du spécialiste du domaine sur les objets [Le Renard *et al.*, 1996] en plus des logiques de descriptions qui renseignent la manière de formaliser ces objets en machine [Napoli, 1997].

Par exemple, IKBS est un Système de Gestion de Bases de Connaissances pour formaliser de manière itérative des descriptions structurées de spécimens, reposant sur la définition de modèles descriptifs à partir de logiques descriptives et de la description de cas conformes à cette modélisation [Le Renard et

Conruyt, 1994]. Le problème de la robustesse des descriptions est à l'origine de la conception de cet outil informatique pour acquérir des connaissances plus rigoureuses sur les objets biologiques, c'est-à-dire à la fois fiables, compréhensibles, précises, exhaustives, cohérentes, redondantes, modifiables, ergonomiques, tolérantes aux bruits, et enfin adaptées aux besoins exprimés [Conruyt, 1994]. Cet outil peut être adapté à la gestion des Signes pour **instrumenter** l'acquisition de connaissances pour l'aide à la pratique. L'instrumentation par l'outil devient ainsi le moyen de tester l'objectif d'acquisition des connaissances pour un meilleur apprentissage du domaine par les usagers.

La réalisation

Enfin, l'objet de notre activité de recherche est projeté sur le dernier axe vertical du tétraèdre (voir figure 10). Il s'agit de **l'axe du raisonnement par apprentissage** à partir de l'objectif du sujet (quoi faire) et de sa méthode (comment faire).

Cet axe de la réalisation, c'est-à-dire de l'acquisition et du traitement des Signes, est de nature **scientifique**. Il s'appuie sur la collecte des faits pour détecter des régularités. Il est celui de la recherche de la vérité (le sens du vrai), par l'élaboration de théories (conjectures) et de mises à l'épreuve (réfutations) qui puisse aider à résoudre des problèmes bien posés aux niveaux sémantique et syntaxique. Les idées sont alors des énoncés, hypothèses ou propositions qui peuvent être formulés en assertions, ces dernières pouvant être vraies ou fausses ou indéterminées [Popper, 1973]. À ce titre, nous nous identifions aussi à la théorie du monde ouvert de nature biologique, celle qui est décrite par la sémantique générale ou la logique non-aristotélicienne [Korzybski, 1933] et qui laisse la porte ouverte à l'indéterminisme (valeur inconnue ou absence de valeur).

L'axe de la réalisation de l'objet se différencie de l'axe de la communication du sujet. Le premier vise à établir la **vérité** du Signe par l'exercice de la raison, à le mémoriser et à le transmettre par une méthodologie d'acquisition des signes (voir plus loin). Le second met plutôt l'accent sur la recherche de l'utilité du signe par l'exercice de l'engagement (pourquoi acquérir ces signes, quelle est la signification ?).

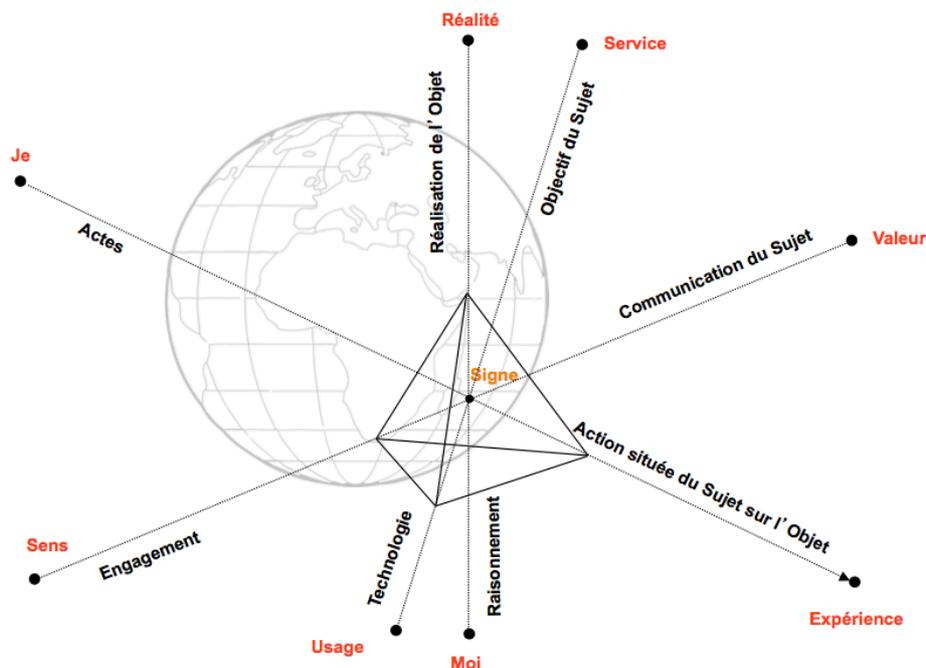


Figure 10. Axe de la réalisation de l'objet : Comment faire ?

L'axe de la réalisation de l'objet s'intéresse plus au processus de résolution des problèmes en appliquant certains principes de raisonnement de la théorie du Signe (abduction, induction, déduction) que l'on retrouve chez C. S. Peirce (1931). Nous nous inscrivons aussi complètement dans la démarche de découverte scientifique de K. Popper (1973), dont le but est d'objectiver l'information circulante entre les individus, par l'emploi d'une méthode de formalisation utilisant la logique mathématique. Nous la compléterons par l'usage de l'informatique (sémantique des logiques descriptives et syntaxe des logiques de descriptions) dans le cadre de notre sémiotique tétraédrique pour apporter une aide à la gestion des signes du domaine étudié.

Cette démarche de raisonnement scientifique fondée sur la (bio) logique a été explicitée dans ma thèse pour tenter de résoudre le problème de l'acquisition des connaissances en sciences naturelles [Conruyt, 1994].

Pour aborder le problème de l'acquisition des signes en musique instrumentale, il est nécessaire de généraliser la méthode (musico) logique pour tenir compte de la philosophie artistique ou **l'objet est inscrit dans le sujet**. En effet pour les objets biologiques, la réalité visible semble exister indépendamment de notre volonté (réalisme des objets biologiques). Les objets musicaux ont de manière plus marquée une idéalité interne à l'auteur compositeur interprète. Ce dernier projette ses intentions musicales sur le devant de la scène et les transforme en objets multimédia (partitions, audio, vidéo). Ces objets peuvent être ensuite analysés plus « objectivement » comme faisant partie de la réalité extérieure au sujet, mais en ayant tout de même une origine humaine (idéalisme) qui doit être analysée.

Cette question de la dualité objet-sujet est au cœur de la recherche sur le statut de la connaissance et la manière dont elle est construite entre réalistes positivistes et idéalistes constructivistes [Le Moigne, 2012].

Pour le raisonnement sur l'objet, je distinguerai d'emblée ma propre vision du monde qui est duale, en séparant le monde extérieur (la **réalité**) du monde intérieur (**moi**). En tant qu'individu adulte, même en ayant conscience du fait que l'on fait partie d'un tout (le monde vivant), nous raisonnons inconsciemment en nous plaçant au centre du monde, car nous avons une vie intérieure silencieuse qui occupe presque tout notre espace mental. Cette prédisposition est instinctive, naturelle et innée dès la naissance de chaque individu. Notre vision géocentrique est de nature égocentrique (Moi d'abord).

Lors du processus de développement cognitif de l'enfant, on observe des aspects universels de construction des connaissances qui ont été théorisés par J. Piaget (stades de développement) et des aspects individuels et culturels théorisés par L. S. Vygotski (facteurs sociaux différenciateurs). Le fait est que nous nous ouvrons progressivement aux mondes extérieurs, physiques et verbaux, mais aussi intérieurs, métaphysiques et silencieux. Nous faisons nos propres expériences scientifiques par nous-mêmes (Aïe, ça brûle) et grâce aux autres avec des activités aidées en groupe (concept de Zone Proximale de Développement²⁶). L'influence du langage devient déterminante pour l'efficacité d'apprentissage d'un objet, mais la méditation (ruminant interne de la pensée) n'en est pas moins centrale et prédominante.

Sur le quatrième axe du raisonnement de nature scientifique, il s'agit de mettre son individuation (processus de transformation intérieure) et son subjectivisme à l'épreuve des faits (réels et physiques). On récupère des données (faits), on les transforme en informations, on les communique par la discussion verbale, en les détachant du sujet par une volonté objectiviste, puis on construit ses propres connaissances (constructivisme) en les confrontant à celles des autres individus qui ont les mêmes attentes et les mêmes besoins. Les connaissances personnelles (savoirs et savoir-faire) sont le résultat d'un long processus naturel d'apprentissage que l'on peut essayer d'accompagner par des outils informatiques et multimédia d'aide à leur acquisition plus formelle (modélisation et description).

²⁶ [http://en.wikipedia.org/wiki/Zone_of_proximal_development, visité le 01/08/13]

La **formalisation** de ces connaissances personnelles a ainsi été instrumentée par un outil aux propriétés de raisonnement réflexives, et accompagnée d'une méthodologie d'acquisition des connaissances par objectivation des informations au sein d'ontologies : il s'agit du Système de Gestion de Bases de Connaissances **IKBS** utilisant les logiques descriptives du domaine [Le Renard et Conruyt, 1994] qui s'instancient dans les logiques de descriptions du modèle IKBS, le modèle CoDesc [Grosser *et al.*, 2003]. La méthode itérative est au cœur du fonctionnement de la plate-forme IKBS qui a été développée dans le cadre de la thèse de David Grosser (2002), et que j'ai co-encadrée.

L'objectivation personnelle a lieu lorsque le spécialiste confronte ses interprétations (descriptions) des objets observés du monde réel avec la définition de l'ontologie du domaine qu'il a faite précédemment. **IKBS assure ainsi une cohérence entre l'observable et l'observé d'un individu de manière réflexive.** L'étape suivante est de pouvoir confronter des interprétations différentes des mêmes objets par différents individus en croisant leurs descriptions. Nous abordons alors la problématique d'une plateforme de gestion des Signes qui permet le travail collaboratif des sujets pour qu'ils trouvent un consensus dans leurs interprétations des objets. C'est l'objectif de la plateforme **ISBS** (Iterative Sign Base System) que de permettre un tel **partage des signes pour élaborer un consensus entre individus.**

On passe ainsi de l'acquisition des connaissances et de leur traitement à transmettre (syntaxiquement) avec IKBS par la représentation, à leur signification (construction sémantique) par l'illustration, puis au partage des signes par confrontation des descriptions individuelles avec ISBS. Le croisement des descriptions signifie que les ontologies peuvent être co-construites, discutées et négociées entre pairs, montrées et justifiées par des exemples illustrés, et constituent ainsi des **bases de signes** (connaissances consensuelles) mises à jour de manière itérative.

Structure et dynamique du Signe

Nous avons présenté plus haut les quatre facettes du signe tétraédrique tel que nous le concevons dans le cadre d'une analyse sémiotique utilisant les TIC pour résoudre des problèmes de gestion des signes :

1. Le signe pragmatique
2. Le signe sémantique
3. Le signe syntaxique
4. Le signe scientifique

Nous allons maintenant détailler la structure et la dynamique du Signe formalisé par le tétraèdre sémiotique composé des quatre facettes ci-dessus :

Signe Sémiotique = Signe (Pragmatique × Sémantique × Syntaxique × Scientifique)

Structure du Signe

La structure du Signe peut être analysée de deux manières : 1) une étude extérieure à l'individu, celle d'un observateur en sémiotique (sémioticien) qui emprunte ses méthodes à la sociologie des usages, l'ethnographie, l'anthropologie, et 2) une analyse intérieure, celle d'un observateur en psychologie cognitive (cogniticien) qui se réfère aux techniques d'Intelligence Artificielle en acquisition des connaissances, apprentissage automatique et systèmes experts.

Dans notre méthode, nous nous inspirons de la philosophie pragmatiste de C. S. Peirce [Pietarinen, 2006] pour observer, analyser et synthétiser les objets en signes, qu'ils soient biologiques ou musicaux. Nous apportons en plus notre compétence en ingénierie des connaissances et interaction homme-machine pour projeter (au sens d'un projet) ces signes sur l'axe de l'espace et du temps dans des bases de signes formalisées par des descriptions multimédia.

Première définition externe du Signe :

Concernant l'interface du signe avec son environnement, c'est-à-dire sa structure externe, on a distingué la facette pragmatique de l'action située (1), la facette sémantique de la communication (2), la facette syntaxique de l'objectif (3) et la facette scientifique de la réalisation (4). Chacune de ces facettes représente une dimension du signe dont l'ensemble forme un tout cohérent : le Signe externe.

Le Signe externe est un Objet (quoi) qui signifie quelque chose pour un Sujet (qui) dans un Espace donné (où) et un Temps donné (quand) et sur lequel il souhaite se Projeter (pourquoi) pour mener une Action (comment).

Le Signe externe est une signification de (O = quoi) fonction de (S = qui, E = où, T = quand, P = pourquoi, A = comment), c'est-à-dire fonction de son Contexte extérieur C_e :

Signe externe = $S_E = \text{signification (O)}_{C_e}$ avec le contexte extérieur C_e défini par les composants externes du signe :

Composants externes = $C_e = \text{qui}(S_E) \times \text{où}(S_E) \times \text{quand}(S_E) \times \text{pourquoi}(S_E) \times \text{comment}(S_E)$
= Sujet \times Espace \times Temps \times Projet \times Action

$C_e = \text{SETPA}$

Deuxième définition interne du Signe :

Concernant maintenant la structure interne du Signe, nous avons identifié quatre parties, dont trois que l'on retrouve systématiquement dans la recherche en IA, la Donnée, l'Information et la Connaissance. Concernant la quatrième partie, appelée l'Interprète ou le Sujet, elle n'a jusqu'à preuve du contraire pas eu d'écho pour la recherche en gestion des connaissances, car la subjectivité du chercheur n'est pas encore vraiment prise en compte dans cette thématique. C'est la raison pour laquelle je propose cette nouvelle méthode de gestion des signes, afin de pouvoir gérer des interprétations subjectives plutôt que des connaissances objectives.

Le Signe interne est l'interprétation d'un Objet par un Sujet à un instant et en un lieu donnés, qui tient compte de son contenu, de sa forme et de son sens.

Signe interne = $S_I = \text{interprétation (O)}_{C_i}$ avec son contexte interne C_i

Pour C_i , il y a trois composants du signe que l'on peut positionner sur les arêtes qui rejoignent le Signe au centre du tétraèdre (voir figure 10) : le contenu du Signe est la Donnée, la forme du Signe est l'Information et le sens du Signe est la Connaissance. Mais ces composants n'ont de sens que parce qu'ils sont interprétés par un Sujet. Nous avons donc placé l'Interprète sur le quatrième sommet du tétraèdre en tant que Sujet, ce dernier étant la signature du Signe.

Composants internes = $C_i = \text{signature}(S_I) \times \text{contenu}(S_I) \times \text{forme}(S_I) \times \text{sens}(S_I)$
= Sujet \times Donnée \times Information \times Connaissance

$C_i = \text{SDIC}$

Lorsque le Signe interne est projeté sur l'axe de la réalisation où se trouve l'interprète, et sur l'axe de l'action située symbolisant l'espace-temps, il produit un Interprétant, qui est sa Manifestation ici (E) et maintenant (T) :

$M = \text{manifestation (S)}_{ET}$
= **manifestation (interprétation (O)_{C_i})_{ET}**
= Interprétant

L'interprétant est un signe issu de la pensée de l'interprète, et qui s'adresse à l'esprit de quelqu'un d'autre ou à lui-même ici et maintenant. Cette notion est tirée des travaux de C. S. Peirce (1931) sur le Signe. L'interprétant résulte du processus de création d'une interprétation, dont le résultat est un signe manifesté par l'interprète dans l'espace et dans le temps, à l'intérieur de l'individu ou à destination de son environnement.

Nous schématisons maintenant la définition statique du Signe (figure 11) :

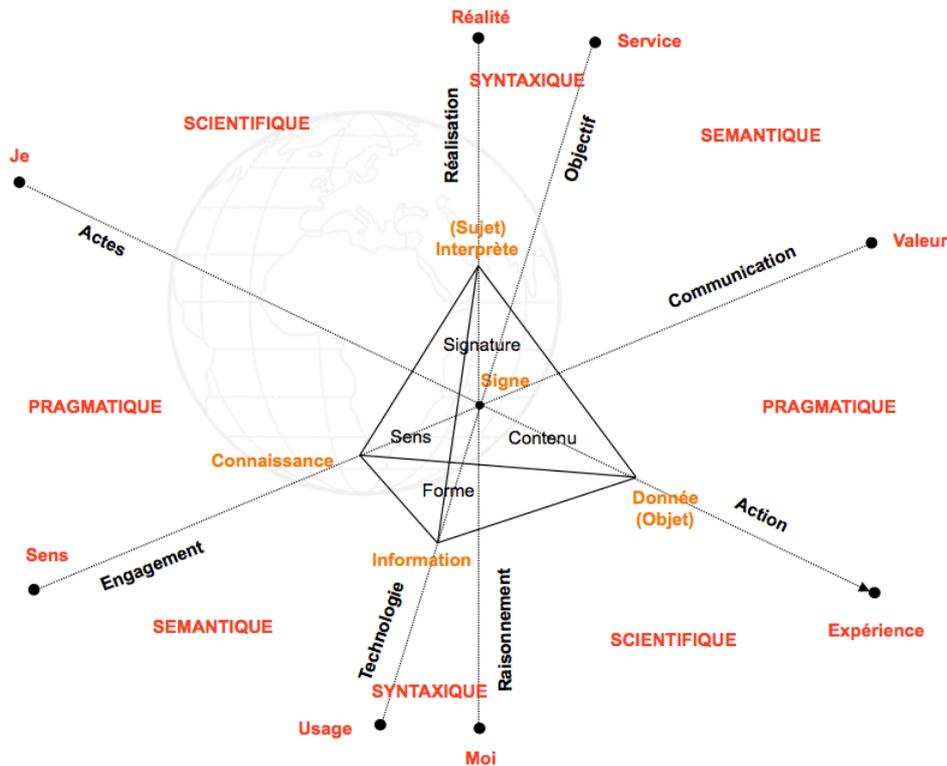


Figure 11. La structure du Signe (interne en orange) et son environnement (externe en rouge)

Il s'agit ici d'une visualisation interne et externe statique du Signe et de ses constituants qui forme un tout cohérent. Or ce qui nous intéresse, c'est de capturer des interprétations de ces données (Objets) communiquées en fonction du contexte propre à l'individu de manière dynamique. Le résultat d'une interprétation s'appelle alors un interprétant et apparaît au moment de l'unification des deux signes externe et interne.

Unification du Signe :

Nous avons donné ci-dessus deux définitions du signe, l'une interne plus orientée en psychologie cognitive, et l'autre externe, issue de la théorie de la signification. Lorsque la manifestation M du signe interne à l'individu observé par le **cogniticien** est en rapport avec le signe externe observé par le **sémioticien**, alors :

$$\begin{aligned}
 M = S_E &\Leftrightarrow \text{manifestation } (S_I) = \text{signification } (O)_{C_e} \\
 &\Leftrightarrow \text{manifestation (interprétation } (O)_{C_i}) = \text{signification } (O)_{C_e} \\
 &\quad \text{avec} \\
 C_i &= \text{SDIC et } C_e = \text{SETPA}
 \end{aligned}$$

La manifestation de l'interprétation d'un Objet par un Sujet dans son contexte interne s'appelle aussi la construction du Signe ou Signification de cet Objet dans son contexte extérieur.

Le **cogniticien** est l'ingénieur des connaissances informaticien qui se focalise sur le **résultat** de la cognition, c'est-à-dire les connaissances tacites (internes) qu'il s'agit de représenter en machine, alors que le **sémioticien** est l'ingénieur des signes qui s'intéresse au **processus** d'élaboration de ces connaissances chez l'humain, c'est-à-dire la signification ou construction du signe dans son environnement externe.

Comme on va le voir plus bas avec la Sémiosis, cette manifestation de l'interprétation de O_{Ci} est itérative à l'intérieur de chaque individu. Elle peut aussi être communiquée à l'extérieur de l'individu sous différentes formes (non verbal, verbal, écrit). Ces interprétations deviennent alors des **inscriptions**²⁷ perceptibles et potentiellement décrites.

En effet, pour l'interprétation de l'Objet par le Sujet, des Signes sont générés à tout instant par le Sujet. Lorsque chaque signe est projeté sur l'axe de l'action située, il s'agit alors d'une Inscription produite à chaque instant dans son contexte C :

$$I = \text{inscription (M)}$$

$$C = C_I \cup C_E = \text{SDIC} \cup \text{SETPA} = \text{SETPADIC}$$

Ce sont ces signes manifestés par des inscriptions que les ingénieurs des signes ou sémioTICiens sont invités à décrire par des **bases de signes**. Les cogniticiens construisent des bases de connaissances qui ne sont pas suffisamment ancrées dans le concret de l'action située. Un cogniticien qui n'est pas non plus sémioTICien passe à côté des besoins non exprimés par les spécialistes d'un domaine. Ces besoins doivent être vécus par le cogniticien pour être bien compris et retranscrits dans des bases de connaissances augmentées par ces savoir-faire, et que l'on nomme bases de signes. Il faut donc être aussi un pratiquant du domaine pour pouvoir mieux le représenter et le communiquer, c'est-à-dire être à la fois acteur (dans l'action) et spectateur (avec du recul) du domaine.

Etant à la fois biologiste et musicien, la gestion des signes se situe donc au cœur de notre activité de recherche : elle regroupe le **côté métier** de ce travail (ingénierie des connaissances, objets métier) et le **côté usage** (interaction homme-machine, objets usage). La gestion des connaissances n'est pas un terme approprié à notre activité de recherche car d'un point de vue pragmatique, elle ne tient pas compte des **savoir-faire**, une forme de connaissance différente des savoirs.

Les **savoir-faire** dépendent intimement des pratiques qui ne peuvent pas uniquement être transmises par l'écrit. L'image et le son apportent un complément indispensable pour accéder au savoir-faire, à défaut de pouvoir le vivre directement (par le toucher par exemple). Il n'y a que des contenus audiovisuels qui peuvent illustrer la pratique. Ce fait a été démontré par la thèse d'Olivier Sébastien que j'ai encadré en gestion des savoir-faire par les systèmes d'information, appliqué à l'apprentissage instrumental sur le projet E-guitare [Sébastien, 2009].

La **gestion des signes** englobe donc à la fois la gestion 1) des connaissances, 2) des informations et 3) des données en traitant à la fois le sens, la forme et le contenu du signe pour un sujet donné. Ce travail d'acquisition et de traitement se fait au cours d'un mouvement circulaire permanent entre les composants du signe et l'environnement, appelé la sémiosis.

²⁷ Dans son HDR, Bruno Bachimont (2004) développe une théorie de la connaissance, la théorie du support, selon laquelle toute connaissance procède d'une inscription matérielle dont elle est l'interprétation. Cette théorie propose une conception de l'ingénierie et de la technologie, selon laquelle toute technologie procède à la fois des sciences de la nature pour modéliser son fonctionnement interne et répétable, et sur les sciences de la culture pour caractériser son utilisation externe adaptable.

La Sémiosis

En fait, l'inscription du signe n'est pas figée dans le tétraèdre, comme le laisse penser la figure 12 dans la partie gauche (représentation statique du signe). L'inscription évolue à chaque instant selon une progression hélicoïdale en spirale au sein du tétraèdre (voir la figure 12 à droite avec les flèches et les points de jonction sur les arêtes et l'axe vertical en rouge, ainsi que la vue de dessus du tétraèdre pour mieux se représenter le processus). La dynamique de construction du signe (signification) est proposée selon la psycho-logique suivante :

La Sémiosis est le mouvement hélicoïdal itératif du signe autour de l'axe vertical de la réalisation de l'objet, partant du bas et remontant le long des trois arêtes du tétraèdre (en vert sur le schéma). Ces arêtes représentent les trois caractéristiques fondamentales d'un savoir-faire d'un sujet sur un objet, c'est-à-dire le **vouloir**, le **faire** et le **savoir**.

La dynamique démarre naturellement avec la volonté du sujet de faire (vouloir), motivation ou désir qui est à l'origine du sens de son action. Le sujet récupère dans son environnement (umwelt) des informations significatives pour s'informer à propos de l'objet. Ensuite, il passe à la pratique (faire). Ce faisant, il apprend de manière empirique. Il collecte des faits sur l'objet, ce qui lui fait repérer des régularités entre ses observations. Par rapport à sa mémoire des données déjà constituées, le sujet émet alors des hypothèses de regroupement des cas particuliers (des généralisations possibles) par des propriétés heuristiques (savoir) qu'il met à l'épreuve avec des faits nouveaux. Si un fait contredit l'hypothèse, cette dernière est rejetée, sinon elle est renforcée et prend la forme d'une règle « plausible » de décision.

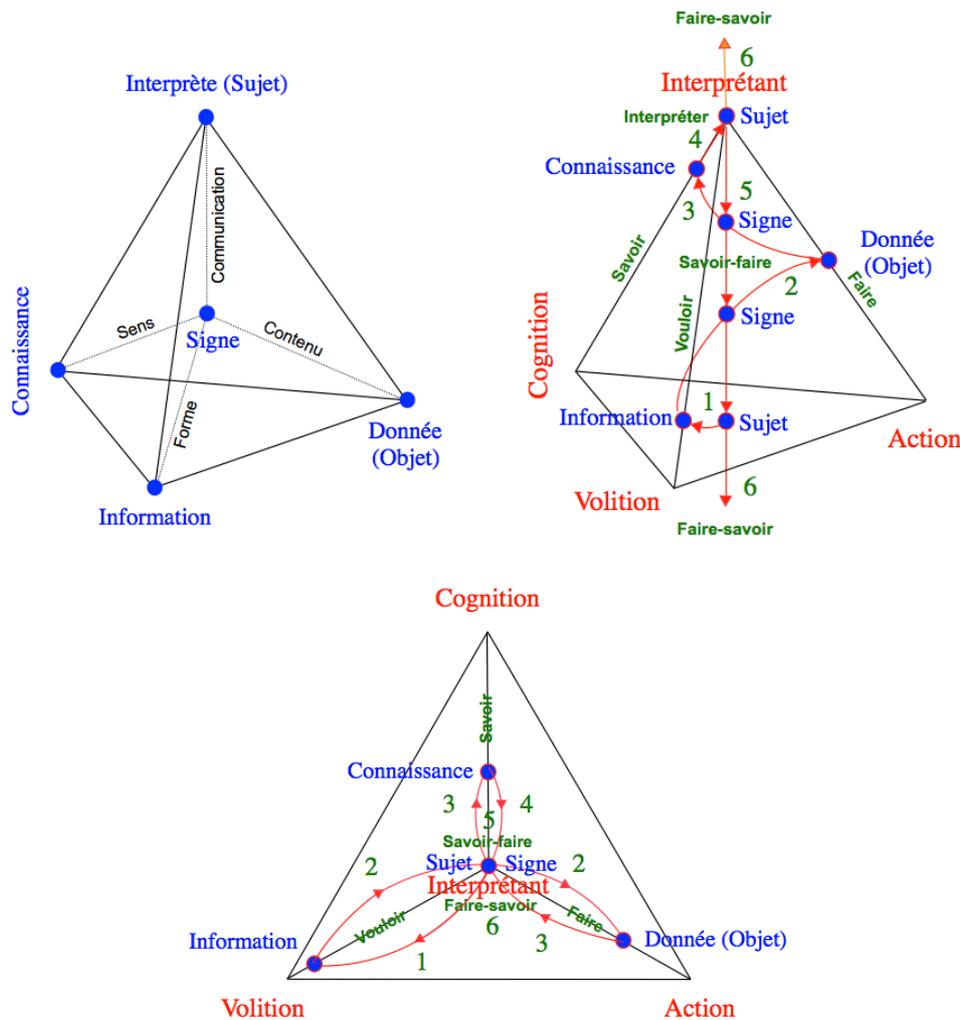


Figure 12. Le signe tétraédrique et sa dynamique de construction

L'ensemble des conjectures ainsi posées et non réfutées avec les données collectées forme l'expérience des individus qui maîtrisent un domaine, et que l'on appelle ses connaissances tacites (savoir-faire). Il les instrumente avec différents outils pour garantir la reproductibilité des résultats selon certains protocoles.

Avec les TIC, l'instrumentation prend la forme de bases de données, incluses dans des systèmes d'informations avec des métadonnées. Les savoir-faire sont formalisés sous forme de bases de connaissances (descriptions structurées de l'objet par le sujet), ce qui permet ensuite de faciliter leur transmission (faire-savoir) mais aussi de dégager des consensus entre divers individus spécialistes d'un même domaine par exemple et souhaitant partager leurs interprétations.

Lorsque les bases de connaissances incluent des descriptions multimédia des savoir-faire, c'est-à-dire des bases de connaissances annotées par des contenus multimédia, on parlera de **bases de signes**. Lorsque ces bases de signes sont partagées au sein d'une communauté de pratique, on parlera de bases de signes collaboratives.

Le parcours en spirale hélicoïdale s'effectue dans cet ordre et de manière itérative (table 1) :

	<i>Objectif</i>	<i>Axe</i>	<i>Moyen</i>	<i>Résultat</i>	<i>Méthode</i>	<i>Logique</i>
1	Vouloir	Objectif	Désirer	Problème	Enaction	Motivation
2	Faire	Action	Observer	Donnée	Collecte	Représentation
3	Savoir	Raisonnement	Conjecturer	Information	Heuristique	Abduction
4	Interpréter	Réalisation	Décider	Interprétant	Hypothèse	Induction
5	Savoir-faire	Instrumentation	Tester	Connaissance	Réfutation	Déduction
6	Faire-savoir	Formalisation	Modéliser	Signe	Inscription	Gestion

Table 1. Les six étapes de la Sémiosis

1. Vouloir

Selon la théorie du Sens du biologiste J. von Uexküll, chaque espèce animale possède un environnement qui est son univers personnel et subjectif (**umwelt**), son milieu de comportement propre. Si le vivant ne cherche pas, il ne reçoit rien : le sujet doit anticiper la réception de l'objet par son attitude intéressée ! En conséquence, pour agir sur un vivant, il ne suffit pas que l'excitation physique soit produite, il faut qu'elle soit remarquée par le vivant. L'individu doit se comporter de manière curieuse et réceptive pour que l'information de l'objet soit perçue et enregistrée par le sujet. La volonté est donc la marque initiale du vivant. L'individu recherche d'abord le sens à agir avant d'agir ! Le concept d'**énaction** développé par F. Varela *et al.* (1993) permet de comprendre ce point. Pour lui, la cognition est d'abord incarnée dans un contexte biologique, avec des capacités sensori-motrices corporelles individuelles, elles-mêmes inscrites dans un contexte psychologique et culturel plus large. Ainsi, lors d'un processus d'in-formation (du latin *in formare* : former de l'intérieur), le sujet va examiner les données de la situation ou du contexte, rechercher les enjeux et les **objectifs** de l'action. Puis, par une action réflexive, il va comparer la situation à une multitude de schèmes opératoires passés (son expérience). Il va aussi interpeller sa culture, son système de valeurs. Et, seulement si la situation est porteuse de sens pour lui, il déclenchera « une **motivation** à agir ». L'envie dont il est question ici provient avant tout de la personne elle-même, elle est psychique. La motivation étant présente, le sujet va chercher à identifier le **problème** à résoudre sur l'objet.

Nous ferons aussi remarquer que cette volonté du sujet est conditionnée par un corpus de connaissances qu'il a mémorisé (sa théorie ou « background knowledge ») et qui peut influencer sa curiosité à rechercher des informations dans les objets environnants. Une autre impulsion à agir provient de l'extérieur du sujet (conation) et possède aussi un caractère désirable (c'est ce que tente de faire la publicité), mais il n'en reste pas moins que le sujet reste libre de son bon vouloir.

2. Faire

Du fait de la motivation du sujet pour le problème à résoudre, il passe à **l'action** pour expérimenter l'objet : il **collecte** des données d'observation sur lui en grand nombre. Les **données** sont des flux de faits bruts représentant des événements provenant de l'objet avant qu'ils ne soient organisés et arrangés dans une forme que les personnes puissent comprendre et utiliser. Cette accumulation de données est de nature exploratoire et relève de conditions variées de mesures. Elles sont rassemblées, triées, stockées, voire étiquetées (classement) par rapport au contexte du problème qui focalise l'attention du sujet. Il se familiarise ainsi avec les données acquises en devenant plus intime avec l'objet d'étude.

Lorsque le sujet n'est pas seul face à l'objet à apprendre, il peut bénéficier de l'expérience d'autrui pour résoudre le problème plus efficacement. Ainsi, la procédure d'imitation est le mécanisme d'**observation** biologique de base mis en œuvre depuis la naissance pour partager des actions. L'intention apparaîtrait après quelques mois de vie, dérivant d'une association entre la représentation de l'action motrice et les conséquences de l'action. C'est en partageant le sens du but de l'action que l'enfant développe son intentionnalité et s'approprie progressivement ses actions [Nadel et Decety, 2002]. R. Jouvent (2009) montre sur un exemple comment l'individu développe ses capacités d'imitation et d'intention : « Imaginons que vous ne sachiez pas peindre, que vous n'avez jamais vu personne faire une aquarelle ou un tableau. En imitant le peintre qui trempe son pinceau dans deux couleurs différentes, en même temps vous apprenez comment faire un mélange et vous découvrez aussi le principe (et dorénavant la possible intention) de mélanger à l'infini toutes les couleurs que vous choisirez. En imitant, vous faites d'une pierre deux coups, un apprentissage pragmatique (mélanger) et le gain d'un degré de liberté intentionnel : avoir envie de mélanger, faire de nouvelles couleurs ... C'est comme cela que le bébé acquiert la double capacité de faire et de désirer faire ». J. Proust (2002) généralise les bases biologiques du mécanisme d'imitation et d'intention : « Pour imiter, il faut être capable de distinguer la relation entre les mouvements effectués par autrui et le but qu'il poursuit ; [...], l'imitation s'attache à capter et à reproduire une certaine articulation entre moyens et fins, c'est-à-dire une certaine relation instrumentale entre un comportement particulier et un but. L'imitateur paraît devoir former la **représentation** de cette relation instrumentale pour pouvoir ensuite la mettre en œuvre dans son propre comportement ».

Ainsi, la pratique de l'activité concernée par le domaine est un pré requis naturel pour résoudre correctement le problème posé, car il faut pouvoir ressentir où sont les difficultés « de l'intérieur ». Rien ne remplacera le fait de vivre le problème pour mieux se le représenter et le solutionner ensuite !

3. Savoir

Lorsque le sujet cherche à résoudre le problème de manière la plus efficace possible, il va chercher à **raisonner** avec une méthode **heuristique**, c'est-à-dire avec des trucs ou astuces qui lui permettent d'aller plus vite vers une solution. Le processus de découverte scientifique fait appel à la logique dite du détective, appelée **abduction**. Il s'agit essentiellement d'un phénomène créatif utilisant l'intuition, qui consiste à oser une **conjecture** pour tenter de résoudre un problème posé par l'objet d'étude. Ces idées non vérifiées produisent des **informations** dans l'environnement.

Par exemple, pour les praticiens débutants dans les puzzles, les données sont les observations des pièces éparpillées qu'il va falloir regrouper en classes pour aller plus vite. La personne astucieuse et non guidée peut décider de regrouper d'abord toutes les pièces qui ont un bord droit (classe des bords droits), afin de construire le contour du puzzle en priorité, ce qui délimite l'espace de recherche pour la suite. Le nouveau but de la recherche est donc le sous-problème passer à résoudre (classer les pièces à bord droit). Il fait partie du problème plus général posé par l'objectif initial (réaliser le puzzle) et imprime ainsi un modèle récursif à la démarche de résolution.

Mais l'efficacité n'est pas forcément le seul problème à résoudre, il peut s'agir aussi d'un problème d'esthétique (savoir bien jouer une pièce de musique) ou d'éthique (mieux connaître les espèces pour

préserver la biodiversité). De plus, le problème est le plus souvent inscrit dans un monde ouvert, ce qui oblige le sujet à délimiter les champs de sa recherche pour ne pas être submergé par les informations circulantes sur l'objet.

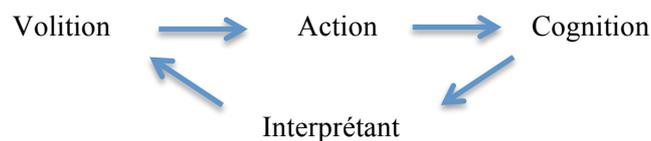
L'abduction signifie que quelque chose se comporte *probablement* d'une certaine manière. Les informations du milieu sont alors filtrées pour résoudre cette tentative audacieuse.

4. Interpréter

Le processus de création de l'hypothèse tentée précédemment utilise une méthode heuristique qui est un art de la découverte. Il se poursuit par le renforcement de celle-ci comme **hypothèse** à confirmer tant qu'un contre-exemple ne vient pas l'invalider. Ce principe bien connu des sciences expérimentales classiques s'appelle l'**induction**. L'induction signifie que quelque chose se **réalise** concrètement en se comportant *effectivement* d'une certaine manière. L'induction s'apparente à un jeu de construction ou il s'agit de trouver une loi qui n'entre en conflit avec aucune observation connue (principe de falsification). Elle établit ainsi un meilleur apprentissage du domaine par généralisation successive des observations non contradictoires à des critères de reconnaissance (caractérisation).

Le savoir temporaire réalisé dont nous parlons ici s'appelle un **interprétant**. Celui-ci n'est pas la solution définitive ou figée que l'on trouve par exemple dans un livre. Il s'agit au contraire du résultat fugace au cours d'un processus dynamique de construction des connaissances (cognition) qui a été initialisé par l'action précédente (faire), elle-même issue de la volonté du sujet (vouloir). Le mode de raisonnement « plausible » de la cognition a été explicité dans le chapitre 3 de ma thèse au niveau de la terminologie et des concepts mis en œuvre : extension et intension, classe et concept, classement et classification, détermination et identification, apprentissage et raisonnement, individus, instances et objets. Je n'y reviendrai pas ici, ces termes ayant pour moi conservé toute leur justesse et n'ayant pas vieilli après vingt années d'emploi intensif dans mes articles de recherche.

Par contre, la cognition s'inscrit dans un processus plus large de signification des connaissances dont cette HDR tente une hypothèse audacieuse en présentant les quatre moments décrits dans le processus récursif de la signification au sein du tétraèdre :



Le mot interprétation n'a pas été choisi à la place d'interprétant. En effet, il s'agit d'un terme ambigu dans la mesure où comme la classification, il fait référence soit à un résultat, soit à un processus. C'est pourquoi nous préférons l'usage du terme interprétant [Peirce, 1978] en tant que résultat temporaire d'une **décision** du processus de signification. Car l'hypothèse se nourrit bien de décisions temporaires à soumettre constamment à l'épreuve des faits et gestes dans une sorte de quête inachevée de l'erreur comme l'indique Karl Popper (1986).

5. Savoir-faire

Si l'hypothèse créée précédemment de manière raisonnable n'est pas contredite par un seul contre-exemple au cours de séances de **test** en temps réel qui la met à l'épreuve pour la **réfuter** vigoureusement [Popper, 1973], elle devient une **connaissance** sous la forme d'une règle qui peut s'appliquer à d'autres données d'observation. Une règle plausible utilisant la **déduction** établit que quelque chose se comporte d'une certaine manière avec un certain taux de succès. On l'utilise alors dans un procédé de détermination car elle véhicule une compréhension de la classe des objets (un concept).

Par exemple, la règle de séparer les pièces du puzzle en deux (celles qui sont à bord droit et les autres) s'avère une procédure de décision toujours efficace pour réaliser un puzzle. On extrait ainsi le concept de « pièce à bord droit ». On peut ensuite regrouper les autres pièces par formes ou par couleurs, et au sein des formes, celles qui sont à 1, 2, 3 et 4 têtes, etc ...

La détermination peut s'effectuer par comparaison visuelle directe (c'est ce qui est fait pour le puzzle). Elle peut être menée en utilisant des **instruments** qui prolongent nos sens (microscope). Elle peut aussi se faire par comparaison avec des descriptions des objets du domaine.

Ce que l'on doit retenir, c'est que les connaissances sur les objets ne peuvent aucunement résulter du seul raisonnement : « il n'est rien dans l'intellect qui n'ait d'abord été dans les sens. Toutes nos idées, toutes nos images mentales, découlent de nos représentations sensorielles de la réalité » [Hume, 1748]. C'est pourquoi nous attachons beaucoup d'importance au **principe d'appréhension** qui instaure un apprentissage par la préhension plutôt naturel pour les enfants que nous sommes restés en grandissant. Les jeux de puzzle se prêtent bien à ces manipulations par le toucher.

Car avant de connaître, nous cherchons à **reconnaître** les personnes ou les objets qui font partie de notre milieu par les informations sensorielles qu'ils véhiculent. Reconnaître, c'est **identifier** ou nommer quelqu'un ou quelque chose, c'est **classer** un objet par rapport à une classification préexistante. La reconnaissance ou l'identification d'un objet est un processus analogique de comparaison entre des données collectées par le sujet à partir des informations de son environnement et ses connaissances de fond sur l'objet qu'il a déjà en mémoire. Il s'agit donc d'un processus de classement itératif qui est mis en œuvre entre la connaissance déjà acquise et la reconnaissance.

Néanmoins, le **processus d'apprentissage** des connaissances se révèle différent de l'identification car il nécessite d'introduire une **nouveauté** dans le processus de reconnaissance. Il faut un élément ou problème qui n'avait pas été perçu jusqu'alors, et qui fonde la motivation du sujet à agir de manière plus créative et moins répétitive, c'est-à-dire à construire une nouvelle classe par **classification**. Apprendre, c'est donc classer des objets inconnus par l'observation, la manipulation, le tri, la description, en recherchant des régularités entre eux par comparaison des traits communs et des différences. Il s'agit là vraiment d'un travail de découverte, tel un systématicien ou un musicien qui entretient un rapport intime avec son domaine. C'est ainsi qu'il développe son savoir-faire indispensable à sa compréhension du monde qui l'entoure.

Les **savoir-faire** sont véritablement ce qui fait la différence entre les sujets, les apprenants naïfs d'un côté et les experts de l'autre. Les savoir-faire synthétisent les données, les informations et les connaissances qui ne sont pas inscrites physiquement dans des objets (des livres par exemple), mais qui sont mémorisées dans la tête des spécialistes. L'ingénierie des connaissances propose de modéliser les connaissances des spécialistes pour les transmettre aux non-spécialistes. Mais comme la majorité des connaissances est tacite, elles se trouvent « entre les oreilles des individus ». Elles ne peuvent donc pas être gérées car elles appartiennent à chaque individu en propre. Les connaissances explicites sont quant à elles dans les textes, elles peuvent être gérées en produisant des ontologies. Mais ces connaissances sont fossilisées, elles ont perdu leur côté pratique. Il suffit de penser aux recettes de cuisine dans des livres par rapport au tour de main du cuisinier. Le savoir-faire est donc la **connaissance vivante** qui peut s'exprimer dans le contexte d'apprentissage par le fait de montrer des exemples. On peut donc gérer des savoir-faire s'ils sont communiqués par des flux multimédia.

Le problème qui survient ici est que le cogniticien dans son rôle d'informaticien ne peut pas appréhender toutes les dimensions du savoir-faire s'il n'est pas lui-même un praticien ou acteur du domaine. Connaître, c'est comprendre. Comprendre, c'est agir. Et pour agir, il faut en avoir la volonté.

Pour pouvoir gérer des savoir-faire, le cogniticien ne doit pas seulement être spectateur de l'objet, il doit **s'impliquer personnellement dans l'activité** pour la comprendre « de l'intérieur ». Pour notre équipe IC-IHM, ce point de démarcation est le plus important par rapport aux travaux de recherche que l'on trouve dans la littérature sur la gestion des connaissances. C'est aussi une raison pour laquelle

nous préférons la terminologie de gestion des signes ou des savoir-faire par rapport à la gestion des connaissances, car cette dernière aborde le problème de la cognition de manière trop théorique et pas assez « impliquée ».

Ce dernier jeu de mot signifie bien le sens que l'on veut donner à une véritable recherche appliquée : il s'agit de celle qui place **l'utilisateur au centre de la recherche**, et non pas l'utilisateur en périphérie d'une recherche qui se focalise sur la technologie. On propose à l'utilisateur un outil qu'il expérimente jusqu'à ce qu'il devienne un instrument réellement utilisé car il correspond à un véritable usage. Nous avons ainsi pu proposer IKBS comme instrument de classification et d'identification des coraux à nos experts qui n'avaient pas forcément la pratique de l'ordinateur pour les accompagner dans leur travail en Systématique. IKBS fonctionne à partir d'exemples, comme ceux des échantillons de coraux en collection.

6. Faire-savoir

Cette dernière étape de la cognition termine la boucle de la sémiotique. Elle consiste à **s'informer soi-même**, et à **informer les autres**. S'informer soi-même, c'est inscrire à tout instant le signe regroupant ses propres données, informations et connaissances dans sa mémoire personnelle afin de constituer son expérience à la fois dans l'espace et dans le temps. Informer les autres, c'est communiquer par des signes, qu'ils soient silencieux, verbaux ou écrits (voir plus bas).

Le **signe** est une unité de savoir-faire qui regroupe les quatre composants qui lui sont propres, c'est-à-dire les données (contenu), les informations (forme), les connaissances (sens) et le sujet (signature) dans un tout homogène (à un certain niveau de granularité) dans une unité de temps et de lieu. Il synthétise la rencontre sur l'axe de l'action située entre l'objet instrumenté et le sujet qui réalise son projet. La multiplicité de ces unités de savoir-faire orientés dans un but déterminé construit l'apprentissage du sujet dans un domaine particulier pour constituer son **expérience**.

Par exemple, savoir jouer correctement d'un instrument de musique comme la guitare classique est une somme de savoir-faire, tout comme savoir-faire rapidement des puzzles ou identifier les coraux avec précision. Une unité de savoir-faire (signe) est un **acte** prouvant ce savoir-faire : bien jouer une pièce de guitare brésilienne de Villa Lobos, résoudre avec efficacité un puzzle de 3000 pièces, ou correctement identifier une espèce de *Pocillopora*. Cet acte n'est pas seulement un discours construit, structuré avec des phrases, des mots ou des notes oraux ou écrits (**connaissance**), prenant la forme d'une description dans une monographie, ou d'une pièce musicale dans un recueil de partitions (**information**). Cet acte est aussi une technique et une pratique du jeu *in situ* et *in vivo* (**contenu**) qu'il faut véhiculer et communiquer. Car l'exécution d'une pièce, tout comme la description d'un spécimen, sont des interprétations qui ont un certain sens pour la personne (**interprète**), et dont les manifestations et les inscriptions expliquent les techniques en explicitant le discours du sujet sur l'objet. Le signe regroupe donc les quatre actes en un seul dans son contexte spatio-temporel. L'ensemble des signes constitue le savoir-faire du sujet sur l'objet avant que ceux-ci ne se transforment en expérience ou compétence.

Ensuite, grâce aux TIC, **la base de signes mémorise un savoir-faire pour le faire-savoir**. Les TIC valorisent les savoir-faire en créant des inscriptions (actes mémorisés) dans l'espace et dans le temps, dans toutes les dimensions et composantes que nous avons explicitées plus haut. Au final, la base de signes est une généralisation de la base de connaissances, qui décrit sous forme multimédia des savoir-faire.

Le terme central que nous employons pour informer l'environnement (le monde extérieur) est celui de **description**. Il représente l'interprétation orale ou écrite du sujet pour un objet appartenant à une classe. Il s'agit d'une information explicitée qui est le support de la transmission du savoir car elle exprime la diversité des observations du monde réel par du texte. Tant qu'elle n'est pas décrite, l'observation reste une interprétation en soi (au niveau silencieux) et pour soi (en tant que phénomène). Lorsque le sujet en prend conscience, il peut verbaliser son observation (le dire) et la

manifester par le discours aux autres sujets qui partagent la même activité. Enfin, à un troisième niveau d'abstraction, le sujet peut proposer une description écrite, c'est-à-dire une **inscription** qui formalise ses connaissances et permet de proposer un nouvel objet d'étude à la communauté. Cette publication permet de transmettre des savoirs synthétisés qui traversent l'espace de continent en continent et le temps de génération en génération. Pour B. Bachimont (2010), l'inscription est une forme inscrite sur/dans un substrat matériel (support) qui est la condition même d'élaboration des connaissances.

Pour décrire, il faut commencer par **instrumenter** nos capteurs sensitifs avec des outils. Comme l'écrit Y. D. Rigoutsos (2009), nos cinq sens ne sont plus nus. Avec le temps, ces moyens premiers de notre connaissance de la réalité se sont trouvés prolongés par toujours plus d'instruments issus du génie humain, depuis l'étendue d'eau faisant miroir pour examiner son visage jusqu'au microscope à effet tunnel permettant de « voir » les atomes un à un, en passant par la lunette astronomique. En ce qui nous concerne, nous assimilons les Technologies de l'Information et de la Communication à des instruments au service de l'acquisition des connaissances, et plus précisément les savoir-faire qui sont mis en jeu par les sujets au cours de leur activité favorite.

Imaginons que l'on est fan de puzzles de plusieurs milliers de pièces. Chaque puzzle est un objet à résoudre. On pourrait définir un protocole de résolution efficace d'un puzzle par des critères qui déterminent un guide d'observation sous forme de questionnaire électronique. Ensuite, on observe des joueurs résoudre un même puzzle et l'on renseigne nos observations de leur savoir-faire dans le questionnaire. On réitère le protocole d'observation sur d'autres puzzles ayant un niveau différent de difficulté. Chaque objet résolu par un sujet est un cas qui forme une description de la classe des puzzles. On peut ainsi comparer les descriptions les unes les autres pour identifier les joueurs qui sont les plus performants. On utilise pour cela des techniques d'arbre de décision et de raisonnement par cas qui font partie de la plateforme IKBS que nous avons conçue et développée avec David Grosser.

Mais on pourrait aussi décrire les cas par des séquences filmées qui illustrent les trucs et astuces employés par les joueurs. Les technologies multimédia ont été étudiées lors de la thèse d'Olivier Sébastien afin de pouvoir gérer les savoir-faire en e-learning instrumental à la guitare. La superposition de ces contenus multimédia aux descriptions textuelles codées de manière symbolique et numérique est la caractéristique que nous avons ensuite souhaité développer.

Il s'agit aujourd'hui du sujet d'une autre thèse que j'encadre, celle de Véronique Sébastien sur un autre instrument, le piano. Elle a pour but d'augmenter la notation musicale (partitions) par des annotations multimédia (vidéo) indexées dans le texte de la partition. Cette procédure d'illustration des descriptions sera à l'origine de la conception d'une nouvelle plateforme utilisant la gestion des signes et intitulée ISBS, qui sera une extension d'IKBS pour gérer les savoir-faire sur des savoirs de manière collaborative.

Conclusion

Après avoir modélisé le signe sous une forme tétraédrique pour indiquer les facettes de l'action située, de la communication, de l'objectif et de la réalisation du signe, nous avons analysé sa structure et sa dynamique. Cela nous a permis de montrer l'intérêt de passer de la gestion des connaissances qui s'intéresse à la représentation des données textuelles à la gestion des signes qui valorise leurs significations par le multimédia pour les systèmes d'informations.

Pour analyser la structure du signe, nous sommes partis de la théorie qui met en œuvre les trois dimensions du signe sous la forme d'une *triade* et qui s'intitule la **sémiotique peircienne**. Nous avons mis de côté la sémiotique linguistique saussurienne dyadique qui ne présente pas de dimension pragmatique avec des référents pour son traitement informatique.

Nous avons ensuite réinterprété la théorie des signes de Peirce à la lumière du vocabulaire en IA, en associant 1) le terme objet à donnée pour le contenu du signe, 2) representamen à information pour la forme du signe, et 3) interprétant à connaissance pour le sens du signe. La représentation triadique de la sémiotique peircienne s'avère toutefois insuffisante pour modéliser des signes en provenance de différentes personnes au sein d'une communauté de pratique, que ce soit en biologie ou en musique.

C'est pourquoi l'instrumentation des signes par les TIC nous a permis d'ouvrir d'autres horizons :

- 1) **Pouvoir gérer des connaissances plus subjectives et personnelles** ; Nous avons introduit le sujet dans une quatrième dimension pour traiter les différentes interprétations des spécialistes, ce qui confère ainsi la forme volumique du tétraèdre à notre sémiotique. Cette acquisition des interprétations permet de signer des inscriptions avec leurs auteurs dans des bases de signes,
- 2) **Montrer les savoir-faire avec des contenus multimédia**. La connaissance ultime se veut objective, mais sa construction est un processus complexe de mise à l'épreuve nécessitant des explications autres qu'uniquement textuelles, et que d'autres personnes pourront analyser,
- 3) **Inscrire les contenus multimédia comme des annotations** dans des ontologies et des descriptions. Les textes codifiés et structurés des bases de connaissances peuvent être enrichis par des explications multimédia permettant de justifier les choix techniques, les hypothèses, les diagnostics des chercheurs, etc.
- 4) **Pouvoir comparer les interprétations** ; Ainsi, sur un même objet, on peut comparer différentes inscriptions dans une base de signes en évaluant leur qualité. Cette dernière nécessite de montrer les savoir-faire avec des contenus multimédia indexés à des items textuels pour l'évaluation,
- 5) **Apprendre les bonnes pratiques des spécialistes** sur la base de leurs savoir-faire pour résoudre un problème,

Notre sémiotique a été baptisée sémioTIC pour signifier l'apport des TIC dans la théorie des signes.

La **sémioTIC** permet d'illustrer des interprétations acquises par différents sujets en montrant des contenus multimédia qui donnent du sens aux écrits, et les inscrire ainsi dans ces descriptions structurées sous la forme d'annotations. Ce faisant, nous faisons émerger une nouvelle méthode de **gestion des signes par les TIC**, méthode qui valorise la production des contenus audio-visuels par l'édition informatique et multimédia puis les distribue sur les réseaux à très haut débit.

Ensuite, nous nous sommes intéressés à la dynamique du signe pour mieux comprendre la signification ou processus de construction du signe. Nous avons élaboré une chaîne de fabrication d'interprétants en six étapes pour la semiosis qui nous paraît naturelle. En effet, elle est ancrée dans la recherche biosémiotique [Uexküll, 1956] [Barbieri, 2007] qui s'appuie sur l'analyse du vivant.

Nous pouvons mettre en regard cette approche de l'Intelligence Naturelle reposant sur des principes biologiques avec celle de l'Intelligence Artificielle reposant sur des principes physiques et mathématiques pour construire des « Systèmes Experts ». Ces derniers sont des bases de connaissances qui mettent en avant le côté métier du processus de fabrication. Ils valorisent l'architecture informatique, le Système.

Or aujourd'hui avec les TIC, c'est la notion de e-service qui devient plus importante à modéliser, car on a franchi le mur technologique composé de briques logicielles pour s'intéresser plus fortement à leur assemblage utile aux usagers ciblés. Les technologies ne sont donc plus le facteur limitant, ce sont leurs usages qui demandent plus d'attention de la part des concepteurs de services TIC.

C'est pourquoi les bases de signes mettent en avant le côté usage de la fabrication du e-service en s'intéressant à la signification pour les utilisateurs finaux ;-). Cela nous interpelle pour notre recherche en gestion des signes car l'informaticien doit se placer dans la peau de l'utilisateur pour comprendre ce qu'il désire, et ensuite déterminer en quoi les outils qu'on lui propose peuvent lui rendre service de manière efficace.

C'est la raison pour laquelle nous allons maintenant proposer une spécialisation du signe pour comprendre où nous positionner avec notre méthode de gestion des signes et nos outils, qu'ils soient logiciels (IKBS), infrastructurels (Plateau de Créativité) ou conceptuels (Living Lab). Le signe générique que nous allons spécialiser est le suivant (figure 13).

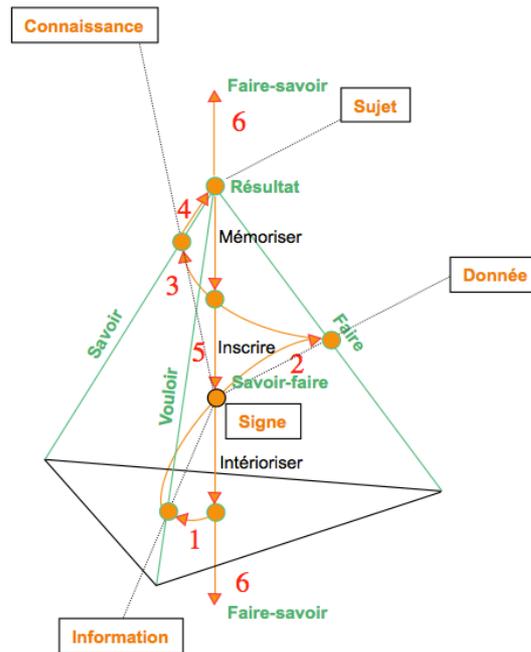


Figure 13. Le signe générique

SPECIALISATION DU SIGNE

Lorsque l'on inscrit un signe sur l'axe de l'espace et du temps, la plupart d'entre eux sont non dits. Ils appartiennent au monde intérieur, mental et propre à chaque individu. Ces signes sont appelés **phénomènes** et sont **silencieux**. Leur durée de vie est très courte et ils se succèdent très rapidement (quelques centaines de millisecondes) dans la mémoire sensorielle individuelle. On sait par exemple que le système d'alerte (phénomène de la peur) met en jeu des processus de traitement de l'information inférieurs à 200 millisecondes, ce qui est trop rapide pour tolérer une longue circuiterie corticale, ou des processus conscients [Jouvent, 2009]. En tant qu'informaticien, j'oserai faire l'analogie de la circuiterie avec les registres de la mémoire statique et l'antémémoire qui sont très proches du microprocesseur et dont la capacité de stockage est limitée. Le temps d'accès est encore plus rapide (quelques nanosecondes) et ne nécessite pas de rafraîchissement²⁸. Mais la comparaison avec les ordinateurs n'ira pas plus loin, les humains appartiennent au monde du vivant et la peur n'est pas une préoccupation des machines.

Les phénomènes vivants sont inconscients pendant le sommeil et le coma et deviennent plus ou moins conscients pendant l'éveil : on peut faire des choses « sans y penser ». Néanmoins, le savoir-faire individuel consiste à prendre **conscience** des objets de notre environnement pour pouvoir agir sur eux de manière non désordonnée. La conscience est cet état de veille ou de vigilance qui caractérise l'**attention** du sujet (awareness). F. Anceau (1999) définit deux types de conscience, le premier étant plus pragmatique comme mécanisme de la **perception** (« être conscient de quelque chose ») et le second plus existentiel comme mécanisme tout court (« être conscient ou non »), existant comme processus en soi (consciousness). En ce qui nous concerne, nous expliciterons la première définition (attention), sachant que la seconde est un phénomène continu caractéristique du vivant. La conscience d'un objet par un sujet est un véritable savoir-faire propre à chaque individu : il s'agit pour chacun de prendre conscience des phénomènes en étant attentionné (vigilance, veille) à son propre milieu (autant externe qu'interne). Cette réceptivité aux **données** de chaque instant est la première condition d'un **savoir-être**, car elle permet d'anticiper les événements qui se présentent.

Lorsque le sujet entre en relation avec d'autres sujets à propos d'un objet, il mémorise un autre type de signe qui est **verbal**. Le sujet, en plus d'être récepteur attentif, devient émetteur **d'informations** pour d'autres sujets (mais aussi pour lui-même), au sein d'une **activité** médiatisée par l'outil fondamental qu'est le langage. En dehors d'une activité solitaire comme la lecture d'un livre, impliquant une rumination qui ne doit pas être confondue du fait de sa réflexivité avec les phénomènes individuels présentés plus haut (signe silencieux), le signe devient social. Il utilise le langage parlé (oral) pour communiquer ses impressions (phénomènes imprimés !)²⁹. Ces dernières s'inscrivent en « mémoire vive » du sujet ou mémoire de travail. Comme l'indique la métaphore de la mémoire d'ordinateur pour l'informaticien, si le signe n'est pas stocké « en dur » ou rafraîchi, il est perdu pour un usage ultérieur car il se volatilise au bout de 15 à 30 secondes [Siegler, 2001, p. 83], et il est oublié (sur l'air connu de ... paroles, paroles !).

D'où l'importance d'établir un **savoir-faire social** fondé sur la **confiance** entre sujets à propos d'un objet commun, ce qui donne du sens à la relation et prolonge l'envie de communiquer ses propres expériences. L'activité relie ainsi les personnes qui veulent partager un même objet pour mieux le comprendre, ce qui les relie dans une **communauté de sens** (consensus). Ils inventent pour cela toutes sortes d'outils (artefacts) afin de s'approprier le domaine par la pratique, et se communiquer les bons procédés pour apprendre plus vite. Dans la **démarche socioconstructiviste** de Vygotski (1978), le développement cognitif d'une personne se fait par un mouvement de l'extérieur vers l'intérieur, c'est-à-dire des autres vers soi [Ackermann, 2004]. Les relations interpersonnelles sont les précurseurs,

²⁸ [http://fr.wikipedia.org/wiki/Hiérarchie_mémoire, visité le 01/08/13]

²⁹ La récitation ou autorépétition est une forme d'impression pour soi, un langage égocentrique pour initier une pensée verbale [Vygotski, 1997].

c'est-à-dire les conditions nécessaires pour l'émergence de processus individuels ou mentaux. Les plus jeunes partagent d'abord leur expérience avec les autres, avant d'être capables de se maîtriser et de se comprendre eux-mêmes : leur développement procède d'une démarche socio centrée à ego centrée. La **théorie de l'activité** de Vygotski a un mouvement inverse de celle de J. Piaget, ce dernier préférant indiquer que les enfants se développent de l'individu au social en étant reliés aux gens et aux choses.

Enfin, le signe **écrit** est le dernier niveau d'abstraction du signe qui s'inscrit de manière plus pérenne en mémoire « de stockage » ou mémoire à long terme pour en faire un objet qui puisse traverser l'espace et le temps. Contrairement à la mémoire sensorielle et à la mémoire de travail, la quantité d'information pouvant être maintenue en **mémoire à long terme** et la durée de stockage de ces informations ne sont pas limitées. Cette possibilité d'ouverture de la mémoire est bien ce qui caractérise les sciences de l'homme tournées vers la **transmission des savoir-faire** de génération en génération (time-binding), indiquant par là que chaque génération peut (potentiellement) reprendre le progrès évolutif là où la précédente l'a laissée [Korzybski, 1998].

L'objectif de ce dernier niveau d'abstraction est de transmettre des **connaissances** qui soient fondées objectivement, ou plutôt inter subjectivement par consensus entre nos sens et la réalité. C'est le but de la **méthode scientifique** que de trouver une synthèse objective sur l'objet d'étude qui soit issue de l'analyse des observations des sujets qui sont par définition subjectives. En effet, quelles que soient nos convictions personnelles, les scientifiques doivent nécessairement supposer une réalité commune aux observateurs. Cette position s'appelle le **réalisme** méthodologique, méthodologique parce qu'il ne s'agit pas forcément de nos croyances ou options philosophiques réelles.

Forte de cette supposition, chaque science délimite dans la réalité une catégorie de phénomènes qu'elle entend étudier, qu'on appelle son objet. Dans ce cadre, faire usage de ses sens, instrumentés ou non, et/ou de la **raison** s'appelle, en épistémologie, **observer** [Rigoutsos, 2008]. Une série d'observations méthodologiquement contrôlées et décrites constitue ce que l'on appelle une **expérience**. Une science est donc une discipline qui étudie une catégorie de phénomènes (son objet) au moyen d'observations méthodologiquement contrôlées (ses expériences) et qui produit, sur la base de cette étude, une description de la réalité relevant de son objet. Cette description est constituée de faits, d'explications, de démonstrations, de lois, etc.

Fondamentalement, toute science est donc une **organisation** visant à produire de l'objectif, une description de la réalité, à partir du subjectif, les phénomènes qui constituent son objet. L'objectivité, en science, n'est jamais qu'un accord des diverses subjectivités.

Il y a donc trois sortes de signes que nous allons positionner à trois niveaux sur l'axe de réalisation de l'objet (entre moi et la réalité, c'est-à-dire entre le monde subjectif et le monde objectif) :

1. Niveau inférieur : phénomène
2. Niveau intermédiaire : activité
3. Niveau supérieur : science.

Phénomène

Le phénomène (ou phanéron³⁰) est la « conscience de quelque chose » de réel ou non qui est présent à l'esprit, ici et maintenant. C'est un signe silencieux qui regroupe les trois composants de la forme (stimulus), du contenu (événement) et du sens (percept) qui coexistent ensemble (figure 14) dans l'esprit de quelqu'un (au niveau mental).

³⁰ [<http://perso.numericable.fr/robert.marty/semiotique/s041.htm>, visité le 03/08/2013]

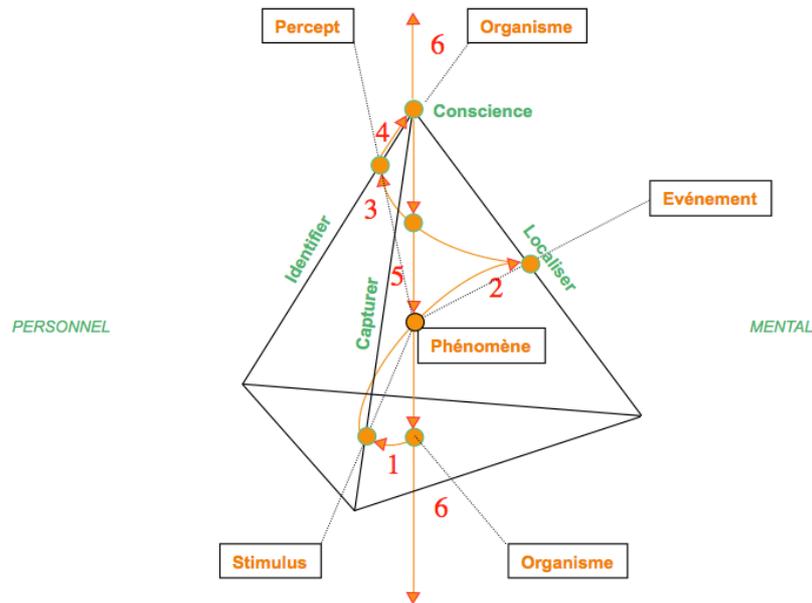


Figure 14. Le signe silencieux individuel

Selon F. Brentano, philosophe et psychologue, initiateur de la phénoménologie [Huemer, 2013], **l'intentionnalité** est le critère permettant de distinguer les faits psychiques des faits physiques : tout fait psychique est intentionnel, c'est-à-dire qu'il contient quelque chose à titre d'objet (pas forcément réel). Il s'agit donc d'un autre phénomène conscient qui est présent à l'esprit, ici et maintenant, en lieu et place du précédent.

Les composants du phénomène ou signe silencieux sont :

1. L'**organisme** qui est le **sujet** concerné par le signe silencieux,
2. Le **stimulus** (lumière, son, substance chimique, mécanique) qui est une **information** sous forme d'un message (support ou contenant) qui provient du milieu extérieur. Il est capturé par les récepteurs du sujet ou organes sensoriels (œil, oreille, nez, langue, corps). Ce stimulus est transmis au système nerveux central sous forme d'un influx nerveux pour y être analysé par le cerveau,
3. L'**événement** est la **donnée** (fait brut ou contenu) spatio-temporelle de la modalité sensorielle (vision, audition, olfaction, gustation, toucher) qui est véhiculée par le signal précédent (stimulus) pour être interprétée par le cerveau. L'événement permet de localiser l'origine du phénomène,
4. Le **percept** est l'identification du phénomène (sensation de chaleur, de peur, de faim, de douleur, de pression, mouvement, etc.) par le cerveau qui est le centre de la pensée consciente. C'est une **connaissance** primaire qui émerge au niveau de la conscience individuelle.

Pour identifier un phénomène inconnu comme percept, il faut d'abord y être attentif (s'informer pour capturer les bons stimuli), ensuite être réceptif (collecter et filtrer des données), et enfin raisonner par les sens (reconnaître). La combinaison de la forme, du contenu et du sens du phénomène détermine l'action à mener à tout instant et en tout lieu [Uexküll, 1956].

Par exemple, en imaginant que l'on soit un chasseur ou un touriste dans une forêt en Asie, on entend un bruit dans les fourrés, on doit d'abord prêter attention à l'objet (sentir), localiser d'où il vient (écouter), puis identifier la cause (voir) pour décider si on doit s'enfuir ou pas (vent dans le feuillage, chute d'un objet, tigre, autre animal, illusion).

L'attention, la localisation et l'identification sont conceptuellement distinctes, mais sont toutefois inter reliées [Siegler, 2001, p. 120]. Pour notre part, nous les relient dans l'ordre de la **sémiosis** analysée plus haut : 1) volition = capture, 2) action = localisation, 3) cognition = identification, débouchant sur

4) interprétant = résultat conscient, puis 5) savoir-faire = mémorisation, 6) faire-savoir = communication verbale ou corporelle.

En effet dans un tel milieu hostile, on reste attentif aux événements (on est sur le qui vive), l'information du bruit dans le fourré fait tourner la tête du sujet pour le localiser, identifier d'abord le type de bruit (feulement ou bruissement), puis la cause du bruit (animal ou vent), afin d'être capable d'identifier l'objet caché derrière le feuillage. Une cascade de phénomènes se met donc en place, chacun d'entre eux étant tourné vers la réflexion ou l'action, soit de manière introspective avec les connaissances déjà mémorisées, soit de manière réceptive avec les nouvelles données du milieu, pour agir ensuite (cri, tir, fuite).

R. S. Siegler (2001) montre comment le développement perceptif se construit chez le bébé et l'enfant, comme tous les animaux qui évoluent dans un environnement composé d'objets. Les jeunes animaux, comme les plus vieux, ont besoin de percevoir les objets avec précision pour survivre. Dès le début de la vie, la perception et l'action sont étroitement connectées. Voyons comment l'ontogenèse prolonge l'action de la phylogénèse :

Parmi les trois cerveaux de l'homme [MacLean et Guyot, 1990], il y a le **cerveau reptilien**³¹ primitif (tronc cérébral, cervelet, amygdale) qui se charge de la survie de l'organisme et des besoins fondamentaux (respirer, boire, manger, dormir, assurer la défense de son territoire) et de la survie de l'espèce (reproduction). Du point de vue phylogénétique, il y a en effet un reptile pré mammalien en nous (Thérapsides), caractérisé par le signe silencieux instinctif de l'instant *présent* et des fonctions réflexes vitales. P. D. MacLean nomme cette région du cerveau le reptile en laisse. Son sens de prédilection est l'odorat. Ainsi le sujet doit d'abord sentir le problème avant de pouvoir l'évaluer. Son cerveau reptilien lui procure le sens de l'éveil et de l'attention.

Il y a ensuite le **cerveau limbique** des premiers mammifères situé au-dessus du cerveau reptilien à la face interne des hémisphères cérébraux (hippocampe, thalamus). C'est le cerveau des émotions et de l'affectivité, de la motivation et de l'envie, du système de récompense, du sentiment d'appartenance à un groupe, du sens de la famille. Il sépare le monde en deux selon les événements qu'il aime (+) et ceux qu'il n'aime pas (-), ce qui lui permet de cataloguer les choses agréables comme à recommencer ou à rechercher, et les choses désagréables comme à éviter ou fuir. On attachera le cerveau limbique aussi au signe silencieux (le sens de l'audition) et à la mémoire (stockage des souvenirs) qui donne le sentiment du *passé* parce qu'il compare tout avec du vécu. P. D. MacLean identifie l'ensemble des cerveaux reptiliens et paléo mammalien à un cheval sans cavalier. Dans l'exemple, le cerveau limbique évalue la proximité de la forme pour déterminer s'il y a danger (-) ou non (+). Le sujet est ainsi sous le coup de l'émotion avant de déterminer s'il va plus loin dans son investigation.

Il y a enfin le cerveau humain, le **néocortex** apparu avec le genre Homo, situé au-dessus des deux autres cerveaux. C'est la centrale du traitement de l'information, siège de la rationalité et des aptitudes langagières (hémisphère gauche), des habiletés spatiales et de l'imaginaire (hémisphère droit). Il préfère la vision aux autres sens, et par ses capacités intentionnelles, analytiques, décisionnelles et anticipatrices, se projette dans *l'avenir*. Il se trouve relié au signe verbal car il s'exprime par la parole. Il s'agit du cavalier pour P. D. MacLean. Lorsqu'il est sollicité, ce sont ses capacités d'association qui déterminent son aptitude à l'identification de l'objet par le sujet.

Une information arrivant de l'extérieur par l'entremise des cinq sens est transportée jusqu'au cerveau sous forme de message nerveux. L'information sensorielle circule du reptilien au néocortex, en passant par le limbique. Pour le reptilien, on pourra méditer les proverbes suivants : « ventre affamé n'a pas d'oreilles » et « l'amour rend aveugle » ! Mais l'information n'est pas bloquée pour autant ... Si une expérience éveille un blocage ou un sentiment de méfiance après une première analyse par le cerveau limbique (désagréable -), cette émotion activera le cerveau reptilien et nos capacités de mise en œuvre, de raisonnement, d'acquisition d'apprentissage seront fortement diminuées. Si une

³¹ [http://lecerveau.mcgill.ca/flash/d/d_05/d_05_cr/d_05_cr_her/d_05_cr_her.html, visité le 03/08/2013]

expérience intrigue et rend curieux (agréable +), c'est le néocortex qui sera stimulé et nos capacités de notre cerveau utilisées au maximum. Donc, si l'expérience a du SENS (+, -) ou de la valeur à ses yeux, il va relayer l'information du reptilien au néocortex.

Pour notre exemple dans la forêt, il se peut ainsi que l'action soit déclenchée sans que l'identification *réelle* ait été effectuée, comme dans la situation précédente ou la peur du bruit fait fuir le sujet sans qu'il sache à quoi le relier en réalité. Dans des cas de survie, l'identification a lieu partiellement (décodage sensoriel du stimulus), avec une image *fictive* en provenance de soi sur la nature de l'objet. Cette image est une représentation psychique de l'objet non identifié par la vision (ombre, illusion), mais néanmoins identifié par l'ouïe comme un feuillage qui bouge, une masse en mouvement tapie derrière le feuillage, l'icône d'un animal ? La réponse motrice du sujet a été anticipée en prenant un pari qui peut déclencher la fuite du sujet à tout moment sans tarder plutôt que de pousser son investigation plus avant. La signification et les qualités du stimulus ne sont encore que partiellement établies par les aires sensorielles. Des cycles de phénomènes constitués des primans au niveau du cerveau reptilien, secondaires au niveau du cerveau limbique, et tertiaires au niveau du néocortex tels que décrits par C. S. Peirce et P. D. MacLean, se produisent donc dans un laps de temps très court avant la réponse du sujet qu'il corrige au fur et à mesure.

On pourra noter la circularité de la connaissance humaine dans le terme de (re)connaître, impliquant un raisonnement par tous les sens avant d'impliquer l'intellect. Dans l'exemple précédent, est-il raisonnable d'attendre que l'identification de l'objet soit complète pour déclencher la fuite ? Le contexte dans lequel le sujet se situe (jungle) porte déjà en soi une indication, un signe de milieu hostile *a priori* pour le sujet qui ne connaît pas cet environnement.

Pour un sujet comme Tarzan au contraire, puisqu'il possède la connaissance du milieu dans sa globalité, il peut inférer d'autres informations à partir des données récoltées (événements spatio-temporels). Cela le conduit à agir différemment (il sait par exemple qu'aucun animal féroce ne se trouve dans les parages). Il va donc prêter une attention plus particulière à la masse en mouvement pour confirmer la présence d'un animal, puis d'un singe, puis de Sheeta.

Les données sont le résultat de l'interprétation des stimuli détectés par nos capteurs sensoriels. Elles sont des contenus issus de la reconnaissance des **objets physiques** faisant partie du **monde 1** de K. Popper (1986). Ce premier monde des réalités matérielles extérieures et concrètes existe indépendamment de l'expérience que nous en avons. La matière (donc la physique et la chimie) en fait partie, tout comme les objets vivants de l'exemple précédent, ou encore le stock des supports de connaissances mémorisées (livres, sites Web, CDs, DVDs) en tant qu'objets multimédia inanimés.

Il existe aussi des **objets psychologiques** faisant partie du **monde 2** qui est celui de nos expériences conscientes et de la connaissance interne qui restent subjectives dans la mesure où elles n'existent pas en dehors de la relation que nous avons avec elles. Les perceptions, les sentiments, les jugements et les croyances en font partie en tant que phénomènes silencieux.

Le **monde 3** est celui des **objets scientifiques**, de la connaissance objective³², représenté par l'ensemble des théories, langages, textes, outils, mythes, œuvres d'art, mémorisations ou produits de l'esprit humain, c'est-à-dire l'énorme stock de constructions humaines à notre disposition qui existent indépendamment de la relation individuelle que nous avons avec elles. Le passage de la connaissance subjective à la connaissance objective se fait par son énoncé écrit sous forme de théorie, et qui devient alors une connaissance abstraite qui peut être soumise à la critique et à l'expérimentation de toute la société. Cette objectivité de la connaissance est la base même du progrès scientifique et philosophique qui traverse l'espace et le temps.

Mais tous ces **objets** produisent des informations qui n'ont pas forcément d'utilité pour le sujet qui ne les cherche pas comme l'a indiqué Uexküll (1956). Ils ne sont alors pas considérés comme des

³² [http://en.wikipedia.org/wiki/Popperian_cosmology, visité le 03/08/2013]

phénomènes car le sujet ne les interpelle pas, il n’y prête pas attention (ils font partie du bruit ambiant), et donc aucune signification n’est mise en œuvre par lui.

Inversement, le sujet possède une vie sociale qu’il essaye de développer en communiquant avec d’autres sujets un autre type de signe plus relationnel et verbal : l’activité.

Activité

Les autres sujets font aussi partie du monde des objets en tant que réalité matérielle. Par exemple, dans le brouhaha d’un repas, il est parfaitement possible de sélectionner la voix de quelqu’un qui parle (locuteur) parmi tout un ensemble d’autres personnes faisant office d’objets physiques du monde 1. Notre attention sélective transformera cette personne en sujet d’attention par rapport au bruit de fond. Si je souhaite converser avec lui, le locuteur devient alors **sujet** pour une conversation. Une communication s’établit entre les deux sujets pour initier un dialogue au sein de la communauté de convives. Le langage est leur **outil** de communication pour se comprendre. D’autres outils ont été inventés pour augmenter les capacités humaines de communication. Pensons au téléphone qui permet d’étendre la conversation des deux personnes hors de leur espace physique de rencontre. Par le truchement de l’outil, les personnes exercent une **activité** dans un but donné, l’**objet** étant le contenu de la conversation et le **service** étant le résultat escompté par le sujet, c’est-à-dire son interprétant.

L’activité est donc un signe oral, à la fois relationnel et verbal, qui se démarque du signe silencieux, le phénomène, par le fait que ce dernier est inconscient, alors que le premier est conscient (figure 15).

Les composants de l’activité ou signe oral communautaire sont :

1. L’**individu** qui est la personne ou **sujet** exerçant l’activité pour s’informer, ce peut être aussi un collectif de personnes comme dans la description précédente,
2. L’**outil** utilisé par le sujet, qui est le moyen par lequel il cherche à s’informer véhicule l’objet de la conversation, il se positionne donc au niveau de **l’information** (mise en forme du contenu),
3. L’**objet** est le contenu, ce dont on parle, la cause de l’activité, donc la **donnée** ou l’objet de conversation,
4. Le **service** est le résultat de la discussion, le but de l’activité, c’est-à-dire la **connaissance** tirée de l’expérience de communication sur l’objet.

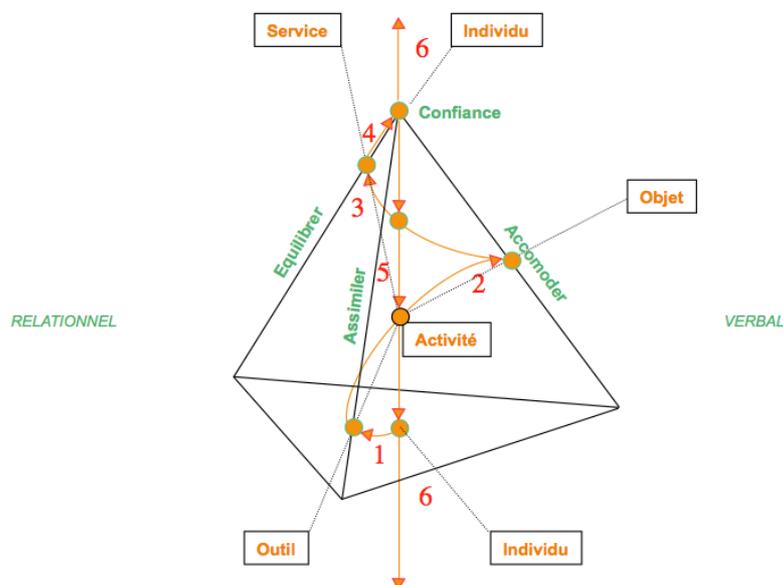


Figure 15. Le signe oral communautaire

Mais l'activité que nous venons de présenter peut tout aussi bien être à la fois consciente et solitaire, c'est-à-dire qu'elle n'est pas que verbale ou conversationnelle, par exemple lorsqu'on lit un livre ou bien que l'on coupe du pain. L'activité est alors réflexive pour l'individu qui manipule le livre ou le couteau, et ces deux outils nécessitent aussi de la concentration pour obtenir le service escompté. Il s'agit tout d'abord d'assimiler l'outil pour apprendre à s'en servir, ce qui correspond à un temps de réflexion. Ensuite, on va s'accommoder de l'objet (par exemple le texte ou le pain ou les réflexions de quelqu'un). Cela correspond à un temps d'action, pour chercher un équilibre et s'adapter aux contraintes de l'outil et de l'objet [Piaget, 1969], le but étant de réaliser le service en toute confiance.

La **Théorie de l'Activité** nous a inspiré pour définir ce modèle de signe verbal. Issue des travaux de Vygotsky (1978) et de ses disciples tels que Leont'ev (1978), elle nous permet de mieux appréhender le rôle des outils et artefacts comme médiateurs de l'apprentissage. Selon Leont'ev, un individu (le *sujet*) réalise un certain nombre d'actions en vue d'atteindre un objectif (l'*objet*). Pour cela, il est aidé par un ensemble d'*outils* (ou artefacts) qui servent de médiation entre le sujet et l'objet, outils comprenant non seulement des instruments mais aussi les symboles, signes et langages utilisés par le sujet. Engeström (1987) a défini un modèle structurel simple du concept d'activité exprimant la médiation existante entre le sujet et l'objet de l'activité. Cette **médiation** est représentée par le concept d'outil représentant tout ce qui est utilisé dans le processus de transformation, incluant aussi bien les outils matériels que les outils pour penser [Bourguin, 2000]. Dans l'activité, le sujet vise un objectif, qui débouche sur un résultat. Pour cela, il utilise des outils lorsqu'il est tout seul (voir triangle du haut dans la figure 16). Lorsqu'il agit au sein d'une communauté ou s'appuie sur celle-ci, son rapport à cette communauté est défini par des règles. Pour atteindre le but, il peut être nécessaire de mettre en place une division du travail au sein de la communauté. Par exemple, dans le cadre de la chasse, on aura les chasseurs et les rabatteurs [Simon *et al.*, 2008] (voir triangle du bas dans la figure 16).

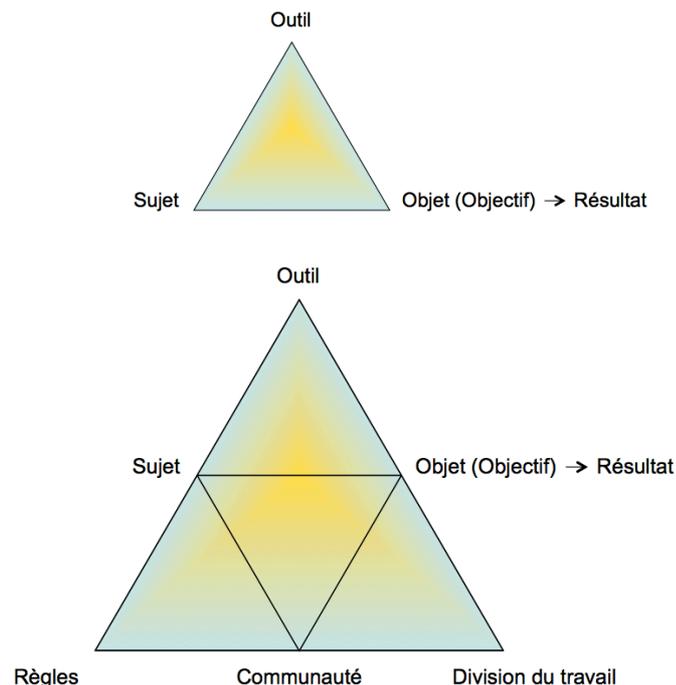


Figure 16. La structure d'une activité individuelle et collective selon Engeström (1987)

Dans notre approche de l'activité vue comme signe verbal, nous différencions le but de l'activité qui est le **service** ou résultat escompté, de la cause de l'activité qui est l'origine du problème à résoudre, c'est-à-dire l'objet de départ. La représentation sous forme de tétraèdre nous permet de modéliser cette nuance (voir figure 15). Le service devient ainsi l'élément mobilisateur de l'équilibre à trouver pour que l'outil puisse se transformer en instrument (voir chapitre 4) et établir la confiance entre les sujets.

Science

Au troisième étage du signe, de nature écrite, il y a structuration des données en connaissances, ces dernières répondant à des problèmes bien déterminés sous la forme de théories ou de concepts. La science est le signe écrit formalisé en mémoire (figure 17). Elle est pratiquée par des **scientifiques** selon une certaine logique de la découverte fondée sur l'**observation** des phénomènes, la description des activités, l'**analyse** de celles-ci pour en tirer des hypothèses, les expérimenter par rapport à de nouvelles observations avant de pouvoir en faire la **synthèse** et les soumettre à la communauté pour vérification.

Il s'agit d'organiser sa mémoire en inscrivant des **signes formels**, c'est-à-dire des descriptions structurées et codifiées qui tiennent compte des observations des sujets sur un problème à résoudre, puis de raisonner sur ces descriptions afin de produire un modèle de description du signe qui correspond le mieux à la manière de faire du sujet pour interpréter l'objet.

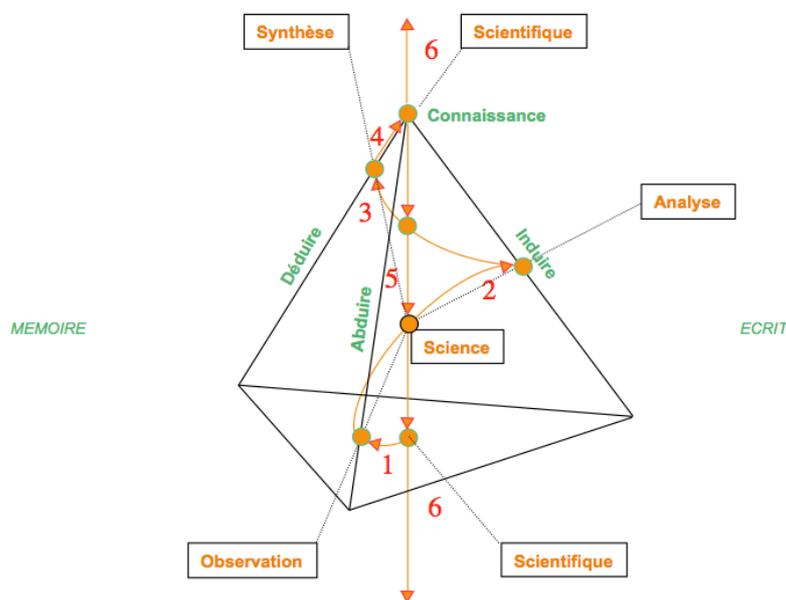


Figure 17. Le signe scientifique formalisé

Les composants de la science ou signe écrit formel sont :

1. Le **scientifique** est l'individu ou le collectif de personnes qui représentent le **sujet** pratiquant la science,
2. L'**observation** qui est la qualité première du scientifique pour la recherche, c'est une **information** mémorisée susceptible d'être décrite pour soi ou pour la communauté,
3. L'**analyse** est le traitement du contenu écrit sous forme de descriptions, donc la **donnée** soumise à la critique par des pairs,
4. La **synthèse** est le résultat de l'analyse des descriptions, le but de la science, c'est-à-dire la **connaissance** tirée des écrits sur l'objet.

La **Théorie du signe ou sémiotique** de C.S. Peirce (1931) ainsi que la logique de la découverte scientifique de Popper (1973) nous aident pour définir un **modèle pragmatique** de signe écrit. La logique du scientifique est celle du détective qui par sa curiosité, découvre des signes sous la forme d'indices pour résoudre son problème. Il émet des idées intuitives (par **abduction**) afin de les soumettre ensuite à l'argumentation pour soi ou pour les pairs. Pour cela, il doit décrire ses interprétations afin de pouvoir les analyser ou les diffuser. Pour les décrire, il suit des logiques descriptives issues de son métier selon un modèle qui n'est pas forcément conscient, mais qui structure néanmoins sa pensée pour organiser la recherche. Ce modèle ontologique sert de guide d'observation

pour se diriger vers la solution qui prend forme progressivement à force de confronter les nouvelles observations aux descriptions déjà effectuées. Cette phase d'analyse des descriptions permet **d'induire** de nouvelles hypothèses en les comparant entre elles et de leur donner un nom (concept). La démarche est donc constructiviste et tournée vers l'action en élaborant des conjectures qui sont ensuite mises à l'épreuve de nouvelles observations. Lorsque la synthèse (toute provisoire) est établie, il peut alors **déduire** de nouvelles connaissances explicatives.

Conclusion

Sur l'axe vertical du raisonnement et de la réalisation vu au chapitre 2 (figure 11), nous avons étudié le signe générique à différents stades de développement humain (mental, verbal, écrit). La spécialisation du signe indique une relation entre l'objet du monde réel et le signe interprété à différentes échelles d'interaction langagière : **niveau neurophysiologique** interne à chaque personne (signe phénoménal, langage du corps, émotion), **niveau sociologique** externe à chaque individu dans sa relation avec les autres (signe de l'activité, langage parlé, échange), et **niveau scientifique** de modélisation collaborative (signe scientifique, langage écrit, formalisation). La figure 18 résume tout ce que l'on vient de voir.

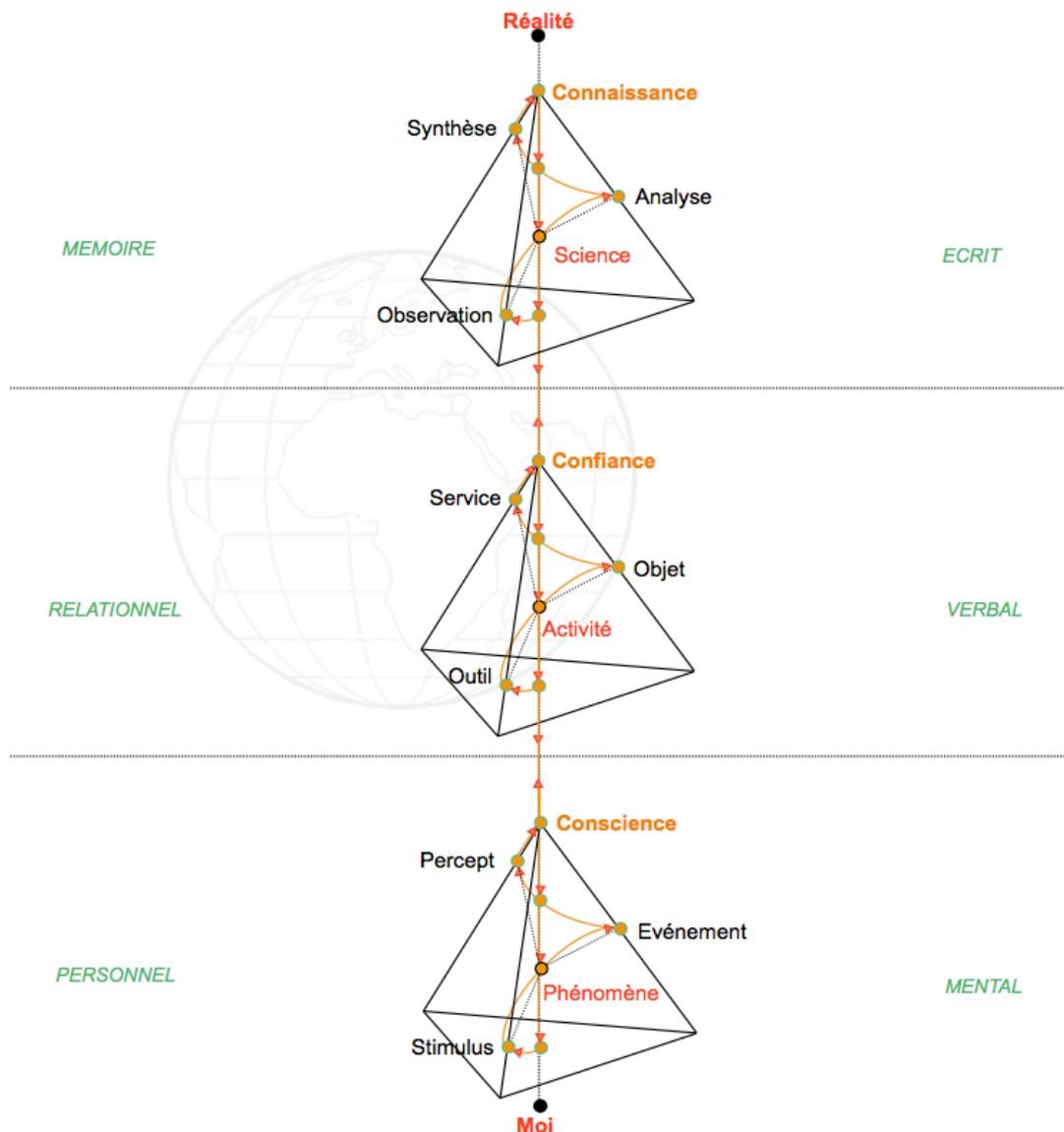


Figure 18. La spécialisation du signe aux trois étages : le phénomène, l'activité, la science

Pour la plupart des individus, la gestion des signes se passe naturellement entre les trois niveaux. Les scientifiques pratiquent plus intensément le niveau supérieur pour gérer les sciences en rédigeant des articles ou des ouvrages à partir de leurs savoirs et savoir-faire. Ils organisent la mémoire à partir de leur langage spécialisé pour transmettre leurs connaissances aux générations futures.

Notre apport méthodologique et technologique avec la Sémiotique va donc être d'instrumenter la gestion des signes avec des outils, pour qu'elle serve les communautés d'apprentissage humain, que ce soit en sciences de la vie ou en musique.

INSTRUMENTATION DU SIGNE

Depuis 1995, puis avec le démarrage en 1997 de la **première thèse** que j'ai encadrée (David Grosser), nous avons instrumenté chacun des signes spécialisés avec trois outils permettant d'agir aux différents niveaux de la gestion des signes : écrit, verbal, et silencieux. Notre travail de recherche a consisté à fournir aux usagers :

IKBS pour le Signe écrit

Une plateforme TIC, **IKBS** pour **gérer les sciences** avec des bases de connaissances inscrites de manière codifiées et structurées pour l'aide à la décision en sciences de la vie permet notamment d'aider les spécialistes à :

- 1) L'acquisition des connaissances de leur domaine :
 - Définir des onto-terminologies (thésaurus + ontologie),
 - Construire des questionnaires multimédia pour saisir des descriptions,
 - **Décrire** des cas concrets (échantillons) conformément au modèle descriptif (ontologie),
 - Nommer des cas,
 - Itérer entre le modèle observable et les cas observés pour conserver la cohérence entre eux,

- 2) Le traitement de ces connaissances :
 - Regrouper des descriptions en classes selon certaines mesures de ressemblance,
 - **Classifier** des cas et des classes nommées en établissant des concepts,
 - Discriminer les concepts avec des arbres de décision,
 - **Identifier** de nouvelles observations par des mesures de dissimilarité ou de plus proche voisin,

- 3) La validation ou réfutation des connaissances :
 - Raffiner conjointement les cas et le modèle descriptif par itération,
 - Mettre à jour des anciens cas avec de nouvelles observations,
 - Découvrir de nouvelles connaissances,

L'objectif d'IKBS est d'aider les **scientifiques** à classer les descriptions qu'ils ont effectuées avec leurs critères pour faciliter leur travail de mise en ordre du domaine, mais aussi de permettre aux autres personnes d'identifier des noms à partir de leurs propres observations saisies dans le questionnaire. La plateforme IKBS a été appliquée à la gestion des connaissances des experts sur les coraux des Mascareignes.

Ainsi de 1995 à 2003 avec IKBS, nous avons fabriqué des **concepts** en gérant des **ontologies** dans le domaine de la Systématique assistée par ordinateur. Les concepts sont les noms des espèces de coraux des Mascareignes (taxons) que l'on cherche à classer et ensuite à identifier. Ces concepts sont représentés dans IKBS par des **ontologies** du domaine appelés **modèles descriptifs**.

Dans le modèle de représentation des connaissances orienté appelé CoDesc [Grosser *et al.*, 2003], le modèle représente l'ensemble des connaissances de fond relatives à un large groupe d'individus (taxon de haut niveau : Famille ou Genre par exemple) appartenant au domaine modélisé par l'expert. A chaque concept est associé un ensemble de **classes** qui décrivent des sous-ensembles significatifs d'instances d'un concept (taxon de bas niveau : espèce, sous-espèce ou écomorphe). Les classes sont décrites par des **cas** qui sont des descriptions appartenant à l'extension du concept, avec des valeurs

complexes : multiple, hiérarchisée, conjonctive, disjonctive, inconnue, absente, et sont utilisées pour la conception de nouveaux concepts plus généraux, ce qui favorise la mise au point des hiérarchies de concepts par une approche inductive.

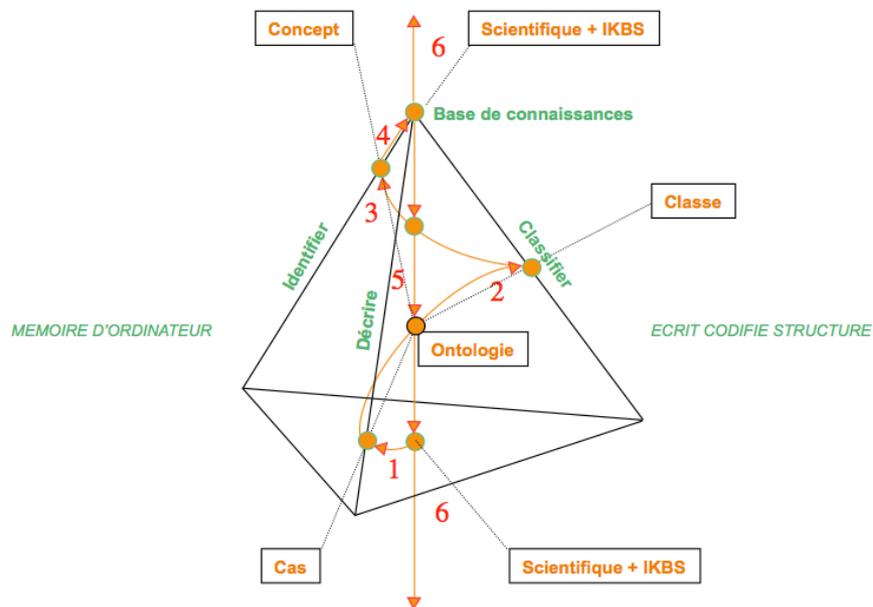


Figure 19. L’instrumentation du signe écrit avec IKBS

Pour les sciences environnementales, nous avons publié plusieurs articles sur IKBS jusqu’en 2003 dans le domaine de l’IA et de l’Ingénierie des Connaissances. Ces papiers montrent comment nous procédons avec les systématiens pour gérer leurs connaissances tacites avec des bases de connaissances [Conruyt et Grosser, 2003] [Grosser *et al.*, 2003]. La thèse de David Grosser marque la fin de cette période de gestion des signes scientifiques [Grosser, 2002]. La démarche entreprise jusqu’alors était tournée vers la transmission des connaissances des experts vers les autres biologistes en s’appuyant sur la gestion de leurs connaissances (figure 20).

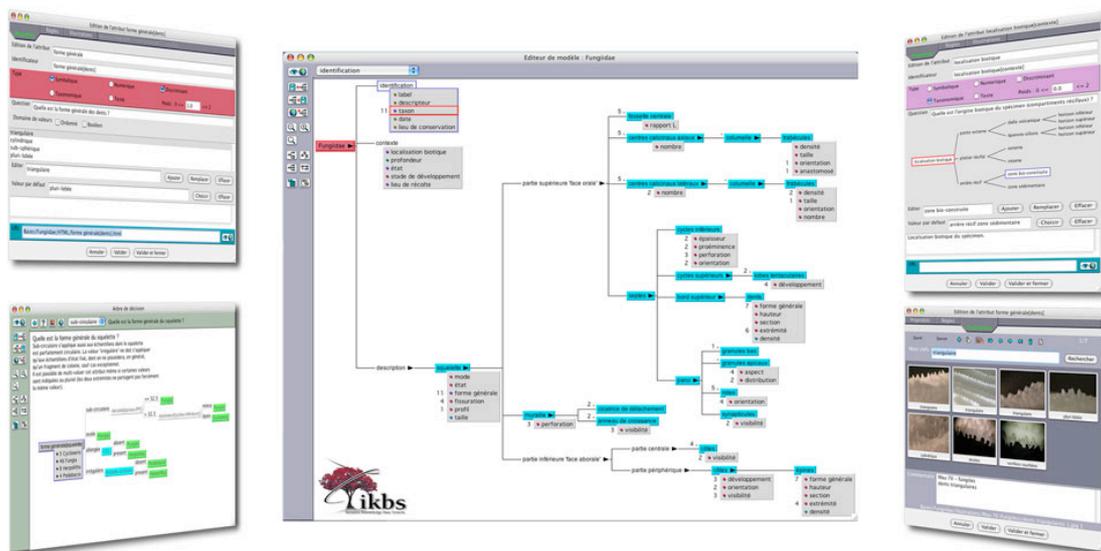


Figure 20. La plateforme IKBS pour gérer les ontologies en systématique

Le Plateau de Créativité pour le Signe oral

A partir de 2002, nous avons éprouvé la nécessité de nous rapprocher des besoins des usagers récepteurs des e-services de manière plus affirmée qu'auparavant. Cette étape marque une séparation nette entre la première période de notre recherche (1995 – 2003) axée sur la représentation des connaissances, et la seconde période (2003 – 2013) plus axée sur la signification de ces connaissances, d'où le sous-titre de cette HDR : de la représentation à la signification des connaissances.

D'une part en 2002, la **valorisation de la recherche** était au centre des préoccupations de l'Université de La Réunion avec un programme interdisciplinaire, le Programme Pluri-Formations pôle Mer. Des réflexions sur le rôle du chercheur en TIC étaient débattues au sein de notre Laboratoire [Conruyt *et al.*, 2002a]. En voici un extrait : « La révolution numérique à laquelle nous assistons va t-elle pour autant modifier le cœur du métier du chercheur ? La valorisation du chercheur passe par la publication dans des revues internationales. Le chercheur assume ainsi son rôle de producteur de contenus scientifiques de qualité. La valorisation de la recherche par les TIC passe par l'édition et la distribution de ces contenus sur l'Internet hors de l'Université vers les acteurs économiques et le grand public. Il s'agit d'une mission d'ingénierie des contenus que les chercheurs ne peuvent pas assumer en plus de l'enseignement qu'ils dispensent. Il faut donc trouver les moyens de travailler en équipe avec des ingénieurs comme cela se fait dans l'industrie ou sur un plateau de télévision : le chercheur-producteur de contenus, l'informaticien-éditeur du contenant, l'opérateur-distributeur du produit. »

D'autre part, la **dimension éducative d'IKBS** n'était pas exploitée de manière systématique pour améliorer la robustesse des identifications par n'importe quel type d'utilisateur (biologiste, amateur, grand public). Cela nécessitait un gros travail d'infographie avec l'expert, une activité de vulgarisation scientifique rendue nécessaire afin d'expliquer tous les termes utilisés dans les bases de connaissances. Le thésaurus illustré en amont du modèle descriptif est ainsi devenu un objectif de la méthode de gestion des connaissances, en introduisant le terme d'onto-terminologie dans l'acquisition des connaissances.

Nous avons alors basculé de la problématique de **représentation des connaissances** à celle de la **signification de ces connaissances** pour l'ensemble des usagers. Les récepteurs sont devenus des apprenants dans la nouvelle démarche de partage des connaissances. Les objets métier de la base de connaissances IKBS se sont transformés en objets d'enseignement (Teaching Objects) du côté de l'offre, et les objets usage sont devenus des objets d'apprentissage (Learning Objects) du côté de la demande.

Cette instanciation de notre méthodologie dans le domaine de l'éducation avec les TIC a fait l'objet d'un partenariat avec le VCILT (Virtual Centre for Innovative Learning Technologies) de l'Université de Maurice [Conruyt *et al.*, 2002b]. Ce centre de recherche est spécialisé en e-learning et produit des ressources pédagogiques pour l'éducation. Du côté de l'IREMIA, nous avons développé des compétences en ingénierie des connaissances pour valoriser le travail des experts, une sorte de e-recherche collaborative focalisée sur la transmission des savoir-faire [Conruyt *et al.*, 1997]. Il restait à trouver un lieu de rencontre pour fusionner les deux démarches de recherche et d'apprentissage en une seule direction de recherche commune.

Le Plateau de Créativité est l'outil de cette rencontre pour fabriquer des **e-services** réellement utiles en gérant des **Situations d'Activités Instrumentées** (SAI) avec les usagers (Figure 21). Cette problématique définie par Rabardel (1995) est au cœur de notre méthodologie de définition de e-services pour la gestion des significations, du sens et de la valeur que nous expliciterons au chapitre suivant en l'instanciant sur un exemple en e-learning instrumental. Elle consiste à transformer l'**outil** proposé par les concepteurs en un **instrument** réellement utilisé en appliquant un processus itératif d'expérimentation entre les objets métier et les objets usage.

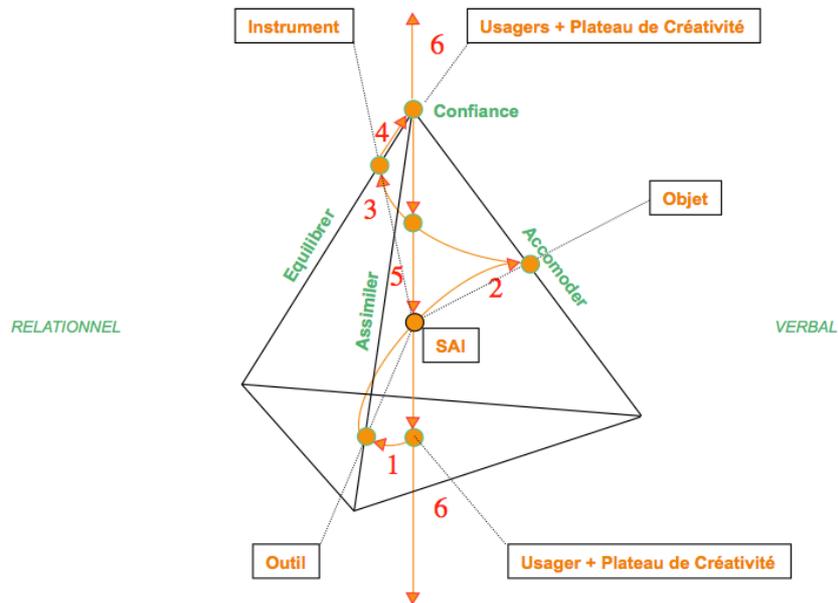


Figure 21. L'instrumentation du signe oral avec le Plateau de Créativité

Dans sa **forme technique**, le Plateau de Créativité ou de Co-design comprend une plateforme multimédia comme celle que l'on trouve dans les studios de télévision (figure 22), mais aussi inclut un lieu à la fois physique et virtuel pour débattre des idées et des projets, fabriquer des maquettes et des prototypes, et les expérimenter de manière synchrone (focus group) ou asynchrone (forum vidéo sur Internet).

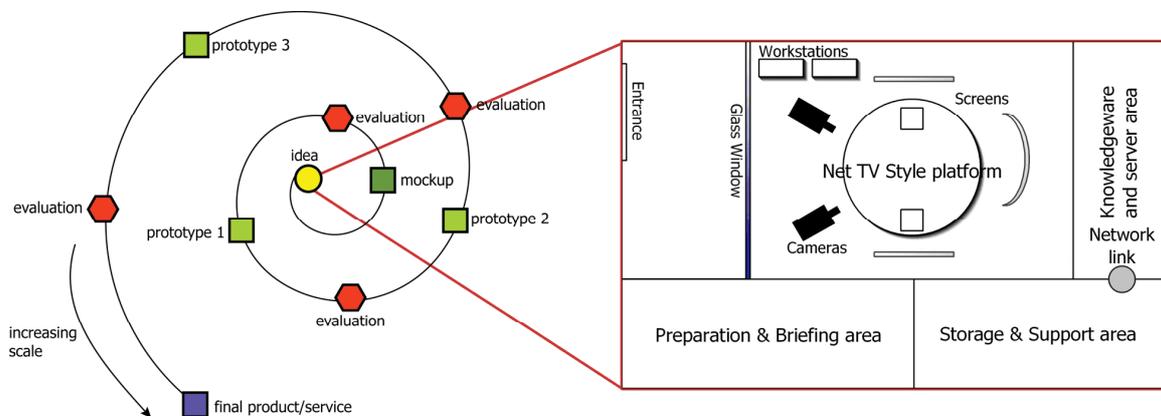


Figure 22. Le Plateau de Créativité ou de Co-design pour développer les futurs e-services

D'un **point de vue pratique**, il s'agit d'un espace collaboratif de travail (co-working), d'apprentissage (co-learning), et de communication pour les chercheurs, les développeurs, les entrepreneurs et les usagers, dont le but est de co-fabriquer les caractéristiques de e-services les mieux adaptées aux besoins exprimés (attitudes) et à leurs usages effectifs (comportements) par des utilisateurs. La méthode de notre Plateau de Créativité combine à la fois une approche du côté de l'offre (objets métier) et du côté de la demande (objets usage) pour que le e-service corresponde du mieux possible aux usages projetés [Conruyt *et al.*, 2005].

En ce qui concerne l'**aspect scientifique**, le Plateau de Créativité ou de Co-design (Co-working + Co-learning) redonne toute l'importance que l'on doit accorder aux usages des e-services dans le processus de développement. Il sert à mieux comprendre la transformation de l'outil (offre proposée) en instrument (demande motivée) qui, en retour, s'incorpore dans les pratiques.

Entre 2003 et 2009, nous avons appliqué la gestion des activités pour tester des idées de porteurs de projets dans les deux domaines :

- L'Environnement Tropical Insulaire avec les TIC (programme ETIC),
- Le e-learning instrumental (projet e-guitare).

La méthodologie de définition de e-services pour gérer les **savoir-faire** a été publiée dans plusieurs papiers entre 2004 et 2008, par exemple dans une conférence internationale du domaine des récifs coralliens [Conruyt *et al.*, 2004], dans un chapitre d'ouvrage sur les communautés virtuelles [Conruyt *et al.*, 2005], et dans un journal ITSE sur la e-éducation [Sébastien *et al.*, 2008b].

Deux porteurs de projets se sont engagés dans **deux thèses** dans chacun de ces domaines pendant cette période, Olivier Sébastien et Didier Sébastien.

Le premier a choisi d'utiliser un Plateau de Créativité **réel** pour développer ses idées en maquettes, puis prototypes. Le e-service projeté était d'amener le professeur à domicile pour aider l'élève à jouer correctement des pièces de guitare classique qu'il apprécie. Cet exemple est développé dans le chapitre 5.

Le second a misé sur la tendance de plus en plus forte qu'avaient les jeunes générations de s'immerger dans les jeux vidéo, et donc le Plateau de Créativité pourrait revêtir une forme **virtuelle** pour expérimenter de nouveaux usages. En effet en 2005, les acteurs pouvaient aussi se rencontrer dans des mondes virtuels tels que Second Life³³ pour accéder à de l'information. En 2006, nous avons donc expérimenté **l'immersion** dans un tel lieu de rencontre virtuel avec le projet e-campus qui a été testé par les étudiants de l'Université de La Réunion sous le regard attentif des sociologues et des ergonomes. Nous avons publié des résultats sur les activités de e-learning à déployer dans ces métaverses dans plusieurs articles de recherche que l'on trouve dans le rapport d'activités [E-campus, 2007] ainsi que dans le journal en ligne IJIGS [Sébastien *et al.*, 2008a]. Nous montrons ainsi la puissance des mondes virtuels, lorsqu'ils sont beaux et qu'il y a des activités à la fois ludiques et éducatives, pour attirer les jeunes dans de nouvelles formes d'interaction pour l'enseignement et l'apprentissage (Teaching and Learning).

Les thèses d'Olivier Sébastien sur la gestion des savoir-faire musicaux et de Didier Sébastien sur les représentations immersives pour les Systèmes d'informations sur la biodiversité clôturent cette phase de gestion des activités sur un Plateau de Créativité réel [Sébastien, 2009] et virtuel [Sébastien, 2010].

Le Living Lab pour le Signe phénoménal

Enfin depuis 2010, nous nous intéressons à la gestion des signes en tant que **phénomènes** désirables c'est-à-dire en nous appropriant les concepts qui donnent du sens à notre action de valorisation de la recherche en éducation, par exemple l'immersion et les Living Labs.

D'un côté, l'immersion dans des **jeux sérieux** (Game based learning) sont en effet désirables pour apprendre dans l'Internet du futur, comme l'indique le New Media Consortium dans son rapport 2013 [Johnson *et al.*, 2013]. Mais quelles sont les limites souhaitées pour combiner les approches ludiques et l'apprentissage efficace ? Est-ce compatible à l'Université ?

De l'autre, les **Living Labs** (LLs) répondent à la problématique de valorisation de la recherche en venant s'intercaler entre les laboratoires de recherche et le marché. Ils offrent un cadre de réflexion à la fois **politique** et **méthodologique** qui est mis en avant dans la stratégie de spécialisation européenne

³³ [http://en.wikipedia.org/wiki/Second_Life, visité le 01/08/13]

de la recherche et de l'innovation à l'Horizon 2020³⁴ : il s'agit de remettre l'humain au cœur de l'innovation technologique [EURP, 2011] :

- « Une nouvelle notion de l'innovation est en train d'apparaître en refaçonant les politiques publiques. Les systèmes d'innovation fermés du passé cèdent la place aux systèmes plus ouverts centrés sur des réseaux collaboratifs et les communautés, qui changent la nature non seulement de la science et de l'innovation, mais aussi des sociétés et des économies. Les écosystèmes d'innovation ouverts comme les Living Labs en sont un exemple pratique. »
- « Le support public pour la Recherche et l'Innovation (RI) doit s'adapter à ce changement, en complétant un modèle RI poussé par la technologie avec un autre modèle plus systémique et interactif. Ceci implique la collaboration ouverte entre tous les participants motivés et la coopération interrégionale pour ouvrir de nouvelles opportunités pour la collaboration publique-privée aussi bien que la stimulation de la mobilité des chercheurs dans une large perspective de l'UE. »
- « Les Living Labs sont définis comme des écosystèmes d'innovation ouverte, centrés sur l'utilisateur, reposant sur une approche de co-création systématique avec les utilisateurs, et intégrant les processus de recherche et d'innovation dans les paramètres et les communautés de la vie réelle. »

Après ces trois extraits sur les objectifs de l'Union Européenne en matière de spécialisation intelligente et de politique régionale, il nous semble que la démarche des Livings labs, prônée par l'UE pour valoriser les territoires de manière ouverte, intelligente, et inclusive soit de plus en plus en phase avec la demande sociétale pour un **développement durable**. La méthode procède de manière ouverte et ascendante, des individus qui souhaitent innover vers les institutions ou entreprises du domaine. Mais pour que cela fonctionne, il faut que le concept de Living Lab impulse un état d'esprit chez les personnes qui désirent innover dans cette direction. Il s'agit de mettre en avant le **savoir-être** des individus pour qu'ils soient en phase avec des notions telles que :

- Rendre service
- Donner
- Prendre
- Se servir

Chaque personne, en fonction de ses besoins, peut positionner son propre curseur en face d'un de ces items (qualités ou défauts, c'est selon le point de vue de chacun) qui déterminera son comportement au sein d'une communauté de pratique. Les **Living Labs** se positionnent plutôt dans l'innovation sociale qui met en avant **l'utilité sociétale, sociale et communautaire**, avec le fait de donner et de rendre service. Ce sont des caractéristiques louables qui peuvent impulser chez les individus en phase avec cette philosophie de l'ouverture et de l'inclusion, l'envie de s'engager dans des projets de valorisation à connotation éthique, c'est-à-dire tournée vers l'innovation sociale et environnementale. Inversement, les **Clusters** sont des clubs d'entreprises qui développent des produits et services dans un but de rentabilité financière et économique. Leur objectif est tourné vers **l'utilité économique** en priorité, en appliquant un modèle d'innovation plutôt fermé (en silo). Les termes employés sont ceux de la compétitivité plutôt que la solidarité, la fraternité et la coopération. Où va t-on alors placer la notion d'intelligence (smart) dans le dispositif d'innovation ?

Voici deux définitions plus concrètes des LLs :

- Un Living Lab est un lieu d'expérimentation grandeur nature où les usagers et les producteurs **co-crésent des outils, des services, des usages nouveaux**,

³⁴ [<http://s3platform.jrc.ec.europa.eu/living-labs>, visité le 01/08/13]

- Les Living Labs sont formés par des Partenariats Public-Privé avec les Personnes (**4P : Public-Private-People-Partnership**) où les acteurs publics, privés, entreprises, associations, individus pratiquent l'innovation ouverte pilotée par les usagers (**user-driven open innovation**).

Dans la seconde définition, les problèmes posés par ce partenariat entre le Public, le Privé et les gens sont les suivants :

- Comment connaître les futurs besoins et comportements des usagers ?
- Comment faire émerger des produits et services innovants ?
- Comment tirer avantage de l'Internet du futur ?
- Comment découvrir le bon modèle économique ?
- Comment exporter son savoir-faire hors de son territoire ?

L'intelligence consiste alors à détecter les individus capables de se positionner à la jonction des trois types d'innovation (économique, sociale, environnementale) pour que celle-ci soit effectivement durable. Ce sont des usagers pilotes (**lead users**) capable de porter des projets de **coopétition** (coopération compétitive) internationale. La détection de ces personnes doit se faire parmi les étudiants dans les écoles d'ingénieurs et à l'Université, en leur donnant envie de s'investir avec leurs idées dans des projets de création de nouveaux e-services.

Les lead users sont des personnes dont le profil est à la fois tourné vers la recherche et l'entrepreneuriat, et qu'une structure telle qu'un Living Lab à l'Université peut accompagner pour développer leurs idées. En effet, le co-design des e-services est un processus en amont d'un projet de création d'entreprise, par exemple avec l'incubateur de La Réunion. Les Living Labs permettent d'explorer des usages nouveaux, de les expérimenter de manière collaborative et d'évaluer leur pertinence lorsqu'ils sont placés en situation réelle d'utilisation.

On évalue alors la **valeur d'usage** d'un e-service en le faisant passer du stade d'outil à celui d'instrument. On répond ainsi aux deux premières questions ci-dessus. Ensuite, lorsque l'usage est affirmé, on va s'intéresser à sa **valeur d'échange** pour connaître le coût de production et le prix que l'on peut en tirer. C'est la convergence entre ces deux types de valeur qui détermine le succès du e-service au final dans la chaîne de l'innovation.

A l'Université de La Réunion, nous sommes impliqués dans un projet de Living Lab en Teaching et Learning by Playing pour définir et organiser des e-services immersifs d'apprentissage avec les usagers. Nous sommes actuellement dans cette dynamique de recherche de la valeur d'usage et d'échange avec deux projets :

- WISDOM (Wide Immersive Solution for Data Object Model) propose de concevoir et tester une Plateforme Web Ubiquitaire et Immersive open source (Wubii) dans différents domaines, en lien avec un Maître d'œuvre et des entreprises du domaine des jeux vidéo [Conruyt, 2011],
- SoLoMoCo est un sujet de thèse qui propose d'appliquer la plateforme Wubii (Plateforme Sociale, Locale, Mobile et fondée sur les Connaissances) à l'éco-tourisme [Conruyt et Vignes-Lebbe, 2013].

Ces projets en partenariat public-privé avec les personnes sont dans la ligne directe des objectifs d'innovation ouverte, inclusive et intelligente souhaités par la Commission Européenne. Trois papiers positionnent notre volonté de participer à ce mouvement dans le cadre du Réseau Européen des Living Labs ENoLL [Conruyt, 2010], [Conruyt, 2012], [Conruyt, 2013].

Conclusion

Un **Living Lab** permet de **gérer les phénomènes**, c'est-à-dire de développer le désir chez les individus de proposer des projets de nouveaux e-services. Il s'agit d'un concept soutenu par la Commission Européenne qui vient se positionner entre la recherche et le marché. Il est donc une source de **motivation** pour les chercheurs qui souhaitent valoriser leurs recherches avec les usagers. Sur la Technopole de La Réunion où notre laboratoire LIM est implanté, nous avons signé une convention de préfiguration d'un Living Lab avec la CINOR afin de prendre exemple sur ce modèle ouvert et centré sur les utilisateurs pour développer la chaîne de l'innovation dans un Centre d'Affaires International [Conruyt *et al.*, 2013]. L'objectif est de **communiquer** sur la manière de co-construire des e-services en partant des idées des porteurs de projets (étudiants, entrepreneurs, chercheurs). Il s'agit aussi de faire prendre **conscience** aux individus qu'un nouveau type d'innovation sociale est en train de se développer à côté de l'innovation technologique et que La Réunion peut se positionner à ce niveau.

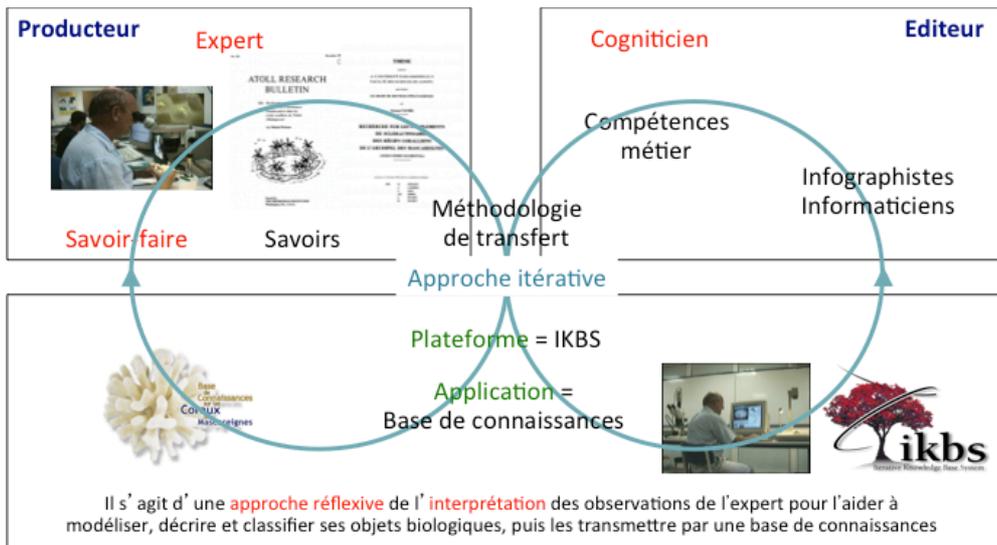
Un **Plateau de Créativité** est un lieu de rencontre à la fois réel et virtuel pour **gérer les activités** tournées vers la réalisation du e-service. La méthodologie de fabrication de e-services utilise cette plateforme pour développer les idées en maquettes, puis prototypes réellement utiles et utilisés avant que le processus d'incubation d'une entreprise soit opéré avec l'incubateur de la Technopole. La méthodologie de transformation d'un outil en instrument est explicitée au chapitre 5 : elle permet de générer la **confiance** du côté des usagers, et la **compétence** du côté des concepteurs du métier.

Enfin, la **plateforme IKBS** est un Système de Gestion de Bases de Connaissances qui permet d'aider à **gérer les sciences**, par exemple en systématique pour le suivi de la biodiversité d'un territoire. Il permet de formaliser des descriptions structurées à propos des concepts du domaine, puis de les analyser et d'en produire des synthèses écrites, ce qui constitue les **connaissances** des experts à transmettre aux usagers. IKBS adopte une approche réflexive de l'interprétation des observations de l'expert. Pour gérer des signes, IKBS va devoir s'enrichir en devenant un Système de Gestion de Bases de Signes, appelé **ISBS** (Iterative Sign Base System), afin de **partager des interprétations sous forme d'inscriptions de manière collaborative**. ISBS s'appuiera sur le Living Lab et son Plateau de Créativité pour gérer des activités à la fois artistiques et scientifiques et produire des e-services d'éducation innovants. Cet objectif constitue notre programme de recherche pour les années à venir (figure 23).

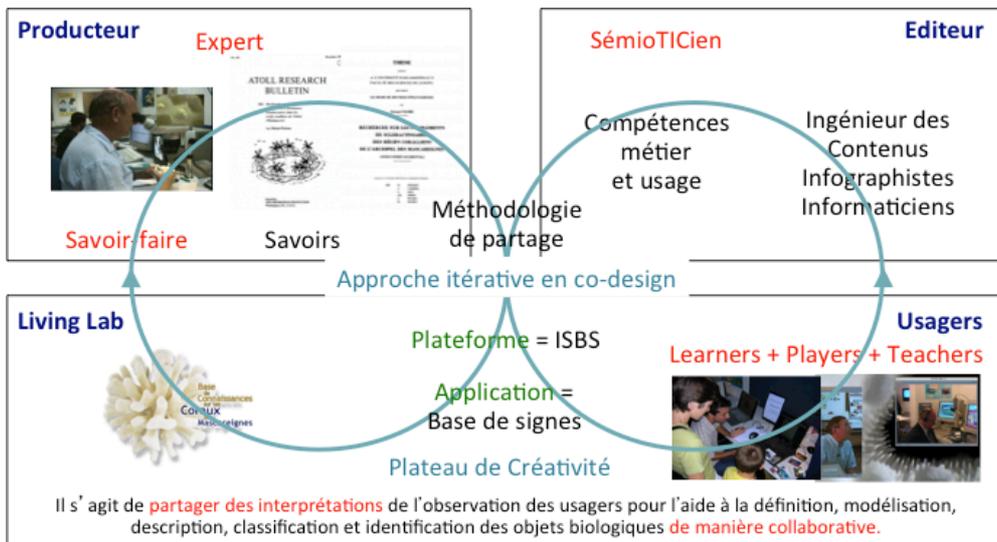
L'ensemble des trois dispositifs (Living Lab + Plateau de Créativité + ISBS) donne du sens à notre projet de gestion des signes. C'est la raison pour laquelle depuis 2010, nous cherchons à développer le Web sémiotique à La Réunion (voir chapitre 1) dans le domaine de l'éducation avec les TIC, à la fois pour l'aide à la gestion de la biodiversité et pour l'aide à l'apprentissage de pièces de musique.

La **quatrième thèse** de Véronique Sébastien sur la gestion des signes musicaux a démarré au même moment que la réflexion sur la gestion des signes. Elle se termine en même temps que cette HDR. Son travail s'inscrit donc dans le cadre de notre recherche sur le Web sémiotique. Il vise à combiner la gestion des interprétations filmées des professeurs de piano (contenus musicaux) avec celle de leurs connaissances et savoir-faire sur les œuvres musicales écrites (sens musical). Cela se traduit par une plateforme d'annotation en ligne de partitions électroniques (forme musicale). Différents interprètes attachent des annotations sémiotiques (gloses) à différentes parties de la pièce. Ces dernières pourront être réutilisées pour offrir des conseils pédagogiques dans d'autres pièces musicales possédant des difficultés techniques semblables. Ces annotations sémiotiques sont indexées dans des descriptions au format MusicXML. Ces dernières ont été instanciées à partir des ontologies du savoir-faire musical (Web sémantique). Les gloses montrent les techniques gestuelles associées au sens musical. Ensuite, le e-service est disponible sur tablette avec l'application @-MUSE, ce qui permet aux usagers de se filmer en situation de travail avec leur instrument (Web immersif en bosse). Enfin, elle pose la question du passage de la transmission des connaissances des pianistes au partage de leurs savoir-faire musicaux au sein de communautés de pratique (Web social). La plateforme MuseScore de partage de partitions en ligne servira de support à ces développements.

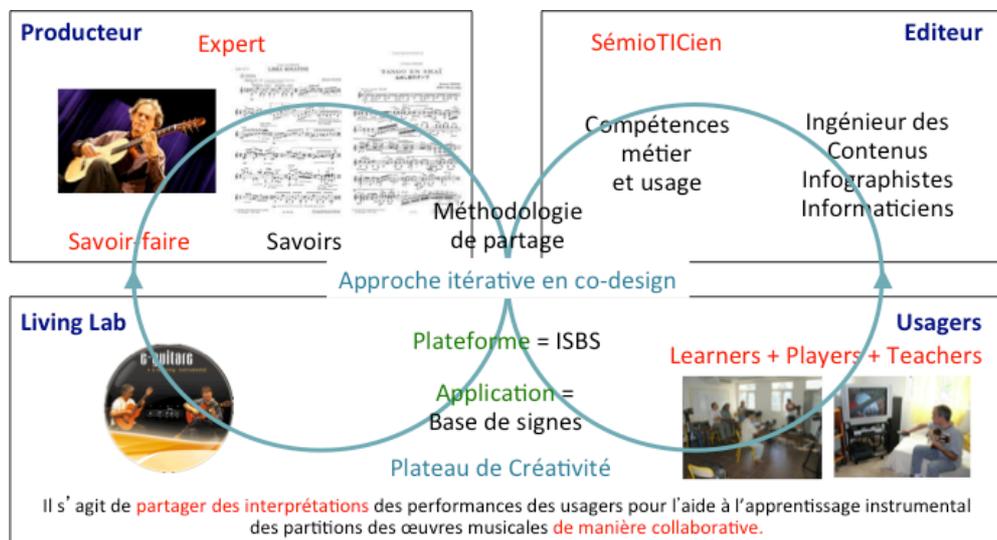
Figure 23. De la Gestion des Connaissances en Systématique ...



... à la Gestion des Signes en Systématique ...



... et en Musique



METHODOLOGIE DE CO-DESIGN

Dans ce chapitre, nous allons exposer la méthodologie de co-construction de e-services sur un Plateau de Créativité (PC) afin d'anticiper les nouveaux services à mettre en place avec l'aide des utilisateurs finaux. Le problème à résoudre est de savoir comment modéliser les interprétations des différents objets naturels ou culturels, observés par différents types d'acteurs novices ou experts.

La méthodologie s'appuie sur les trois plateformes :

- Le Living Lab UR.LL.TL
- Le Plateau de Créativité,
- Le logiciel IKBS.

L'objectif de UR.LL.TL en Teaching et Learning est de cultiver des projets de recherche en **ingénierie des contenus** pour développer des **e-services d'éducation** selon une méthodologie centrée sur les usages (User-centred-Design) afin qu'ils correspondent à de réelles attentes des usagers d'un domaine.

L'objectif du Plateau de Créativité est de permettre le **rencontre** à la fois physique et virtuelle entre les acteurs (chercheurs, entrepreneurs et usagers) pour innover ensemble. Ce Plateau de Co-design sera implanté au cœur de la technopole dans un centre d'affaires international pour expérimenter les nouveaux e-services à développer à La Réunion.

Le logiciel IKBS est utilisé ici pour **l'évaluation** des résultats de la qualité du service rendu aux usagers. Il sert à définir un **questionnaire** sur les usages du e-service et à traiter les réponses. L'innovation et la réactivité dans la définition des e-services nécessitent en effet de savoir gérer à la fois les connaissances *sur les* clients (par le Knowledge Management), mais aussi les connaissances *provenant des* clients eux-mêmes (Customer Knowledge Management) (Gibbert *et al*, 2002).

Un des buts de la gestion des signes des experts via les TIC est d'améliorer les performances du transfert de leurs connaissances vers des non-spécialistes et de faciliter la mise en œuvre de e-services adaptés pour qu'ils soient réellement utilisés. Le Plateau de Créativité permet aux concepteurs métier et aux usagers de **préciser ensemble la définition de ces e-services** pour faciliter l'émergence de leurs usages. En s'appuyant sur la Théorie de l'Activité, la méthodologie vise à faire piloter le processus métier par celui des usages.

Nous l'illustrons avec la conception et la réalisation d'un e-service d'apprentissage instrumental de pièces de musique à la guitare (E-guitare). Le Plateau de Créativité aide à mieux comprendre la transformation de l'outil (offre proposée) en instrument (demande motivée) nécessaire à la création de l'offre de la demande.

Le Plateau de Créativité

Un Plateau de Créativité ou de Co-design est un espace de rencontre et de communication physique et virtuel autour de projets entre les acteurs de la recherche-développement, les entreprises et les utilisateurs, pour la définition en commun des caractéristiques de e-services qui correspondent le plus directement aux usages attendus de ceux-ci. Le PC constitue une voie pour mieux comprendre les conditions de mise en place des futurs usages des services qui sont analysés. Pour cela on met en œuvre des processus méthodologiques itératifs tant du côté de l'offre (métier) que de la demande (usage) qui s'appuient sur la démarche expérimentale, combinant des phases de généralisation inductive à partir d'exemples (conception et élaboration du service), de vérification des hypothèses (expérimentation du service) et de mises en application de manière déductive (déclinaison de produits ciblés). Le Plateau de Créativité associe donc la convergence TIC (production/édition/distribution)

avec une méthodologie de co-construction (itération entre les métiers et les usages) au sein de l'espace de rencontre des différents acteurs (recherche/entreprise/utilisateur). De plus, le PC est un véritable terrain d'expérimentation où tous ces acteurs font réellement les e-services de demain répondant aux besoins des utilisateurs et favorisant la meilleure qualité de e-service possible.

Objets métier et usage et processus de co-construction

Les objets usage décrivent les démarches des utilisateurs du e-service du côté de la demande tout comme les objets métier décrivent les démarches des informaticiens et des professionnels du domaine du côté de l'offre [Andro et Chauvet, 1998]. Une rétroaction sur les propositions d'offre avec itération à partir des objets usage facilite l'expression du "besoin d'usage" par les utilisateurs au sein du PC.

Au départ, l'offre proposée en analyse sur PC correspond à un produit-service dont la robustesse reste à valider par des tests auprès des utilisateurs. La définition du e-service sera optimale lorsque ses fonctionnalités répondront à un véritable usage. Il s'agit donc de passer d'une vision partagée impalpable à un e-service concret et opérationnel par différents stades de développement plus tangibles (maquettes, prototypes) à valider.

Faire une analyse sur le PC nécessite une proposition de e-service sous forme d'une version initiale (maquette) qui se consolidera progressivement du prototype à la version finale. La démarche métier débouche sur une phase d'ingénierie de l'outil qui s'appuie en amont sur la conduite de projet (plan pour fabriquer l'outil) et sur un apprentissage du *savoir-faire* (figure 24).

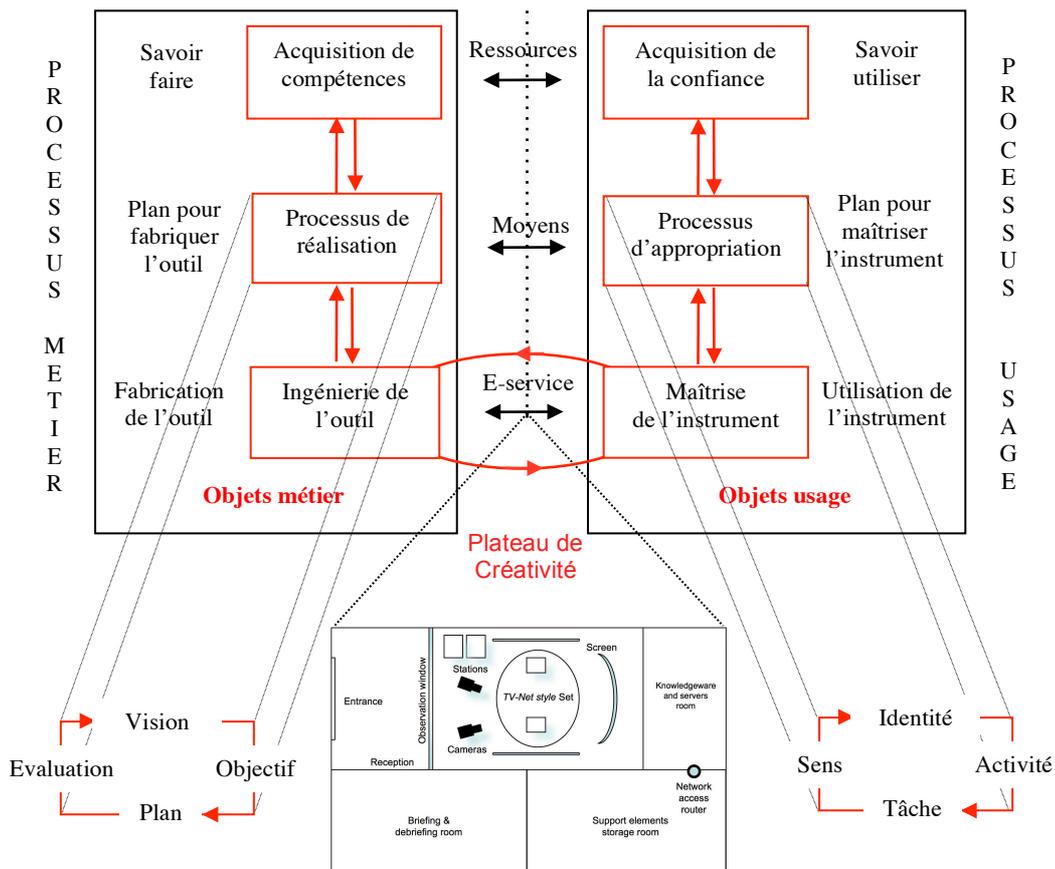


Figure 24. Interaction entre les processus métier et usage³⁵.

³⁵ On analyse ici le niveau de spécialisation du signe correspondant à la gestion des activités sur un PC, et non pas ceux correspondant à la gestion des phénomènes et des sciences.

Pour le processus de réalisation (conduite de projet) du côté métier, et en préliminaire à toute ingénierie, on intègre les 4 phases traditionnelles :

- La **vision** du e-service projeté,
- La définition des **objectifs**,
- La **planification** des tâches à couvrir,
- L'**évaluation** des résultats (figure 24 à gauche).

On peut décrire ces différents niveaux d'activités à partir d'objets métier qui illustrent la démarche professionnelle au cours de la réalisation du e-service. L'apprentissage du savoir-faire inclut à la fois l'acquisition tout au long de la vie du *savoir* qui permet d'acquérir également le *savoir comment faire* et le *savoir y faire* d'un métier [Perrenoud, 1997], i.e. les **compétences** du métier.

Parallèlement à la démarche métier, du côté des usages, le processus se déroule chez l'utilisateur à partir d'un apprentissage du *savoir utiliser* sous différentes formes : manuels utilisateurs, logiciels mis en démonstration, simulateurs, leçons de conduite ou de pilotage, etc., ces accompagnements ayant pour objectif d'établir la **confiance** de l'usager. L'apprentissage du savoir utiliser permet à l'utilisateur de décrire, à l'instar de l'ingénieur, un processus d'appropriation du produit/service qui met en œuvre 4 phases (figure 24 à droite) :

- L'aspiration vers une **identité** au même niveau que la vision dans le processus de réalisation,
- L'**activité** facilitée par l'utilisation du produit/service au même niveau que l'objectif du projet,
- L'enchaînement des **tâches** là où se déroule la planification du projet,
- L'expression du **sens** là où se situe l'évaluation des résultats du projet.

Ces échanges donnent lieu à animations, confrontations de points de vue, démonstrations, bêta-tests. Suivant le contexte, tout ou partie des rencontres peuvent être organisées selon les modèles de plateau télévisuel avec animateur et producteur, focus group, etc. ; les échanges sont enregistrés et donnent lieu à rassemblement et analyse des processus d'appropriation.

Par exemple, des sous-parties relatives au processus de réalisation comme la définition de l'objectif d'un e-service, peuvent tenir compte des types d'activités les plus pertinentes. De la même manière au plan des niveaux d'apprentissage : une formule bien adaptée au cas du "savoir utiliser" peut conduire à orienter l'apprentissage d'un savoir-faire spécifique. D'une manière générale, l'interaction entre la démarche métier et la démarche usage peut se réaliser à chacun des niveaux: c'est le PC qui permet de préciser leur importance pour un e-service mis en analyse d'utilisation sur ce plateau.

Passage de l'outil vers l'instrument

L'interaction entre la démarche métier et la démarche usage est étroitement liée la transformation du e-service d'outil en instrument. En faisant appel à la Théorie de l'Activité (Nardi, 1996), on peut repérer la structure à partir de laquelle les usages vont s'établir. Par exemple, le modèle de la Situation d'Activités Instrumentées (SAI) de Rabardel (1995) a pour objectif de révéler l'usage – véritable objet de l'activité que le sujet attend des services proposés par un produit/service - l'instrument.

Ce modèle identifie deux parties différentes au sein de l'instrument, l'**artefact** et les **schèmes d'utilisation**. L'artefact constitue les invariants du produit/service, ayant certaines facultés d'adaptation et représentant sa partie technique et universelle, c'est-à-dire l'outil. Les schèmes d'utilisation sont des structures élaborées notamment par généralisation des invariants liés à l'action, prolongeant l'organisation biologique du sujet et possédant des capacités assimilatrices et accommodatrices par rapport à l'environnement extérieur au sujet.

Tout produit/service est bâti par le concepteur à travers une première proposition d'artefact et de schèmes d'utilisation qu'il entrevoit pour que l'utilisation de son produit/service fasse émerger un usage. La confrontation de cette proposition avec les futurs utilisateurs au sein du PC permet de mieux comprendre les retouches souhaitées en surveillant les deux types de relations : relation du sujet vers l'artefact, et relation de l'artefact vers le sujet (figure 25).

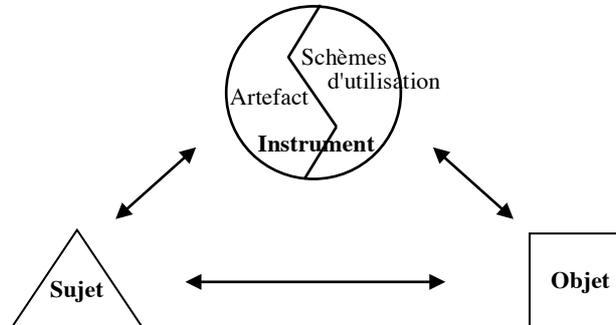


Figure 25. Le modèle SAI

Le premier correspond au *processus d'instrumentalisation* dans lequel le sujet rend signifiant l'artefact et l'enrichit. S'appuyant sur les caractéristiques intrinsèques de l'artefact, le sujet, par son engagement dans l'activité, confère un statut, une fonction à cet artefact. Ce processus d'affectation de fonction peut être momentané (utilisation) ou persistant (usage). Dans ce dernier cas, les fonctions dites constituantes de l'artefact imaginées à l'origine par le concepteur deviennent constituées - c'est l'instrumentalisation.

Le second correspond au *processus d'instrumentation* dans lequel les fonctions constituantes de l'artefact constituent un ensemble de contraintes en direction du sujet, un cadre de structuration de l'activité. Elles provoquent des processus d'**assimilation** et d'**accommodation** de la part du sujet. Ces deux types de processus conduisent à une incorporation puis à une réorganisation d'une partie des schèmes d'utilisation, menant à un ensemble de schèmes d'utilisation transformé qui est maintenant plus apte à répondre à la situation (figure 26).

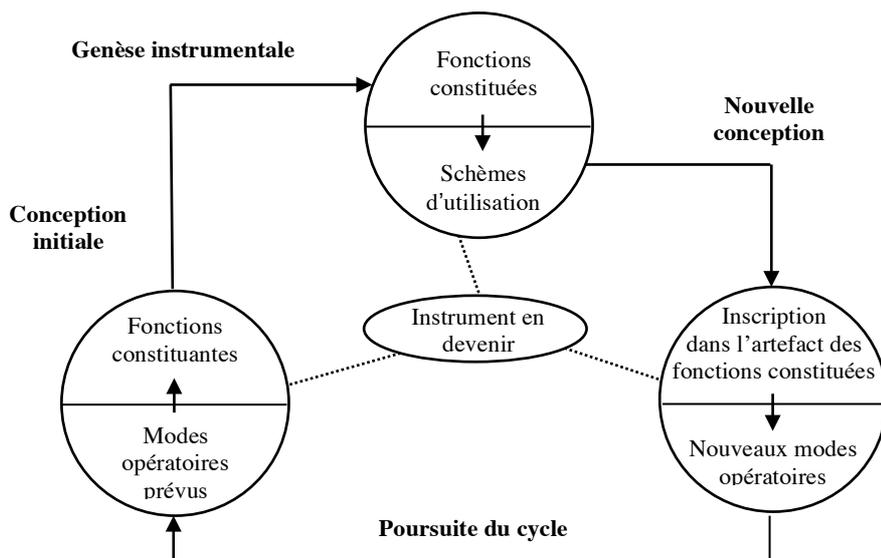


Figure 26. Les étapes de transformation de l'outil en instrument

L'approche instrumentale par utilisation du modèle SAI peut se faire aussi bien au niveau de la conception d'un nouveau e-service qu'au niveau de l'analyse réursive de situations existantes d'activités mettant en œuvre un e-service déjà utilisé.

La démarche du Plateau de Créativité consiste alors à identifier les fonctions constituées d'un e-service en analyse afin de mettre en place au plus tôt les modes opératoires de la conception initiale. Pour Rabardel, l'instrument n'est pas seulement une partie du monde externe au sujet mais le résultat de l'engagement personnel du sujet dans l'action d'appropriation qui va de la recherche d'identité à la réalisation des tâches. L'appropriation est le processus par lequel le sujet reconstruit pour lui-même des schèmes d'utilisation d'un artefact au cours d'une activité significative pour lui. Un outil devient instrument lorsqu'il devient médiateur de l'action pour le sujet : le sujet institue l'outil comme instrument pour lui-même. Ce qui est important c'est le processus et non le résultat seul de la transformation.

En final, l'usage d'un e-service signifie pour son utilisateur qu'il a su progressivement transformer l'outil en instrument.

Exemple avec le projet e-guitare

Ce projet, initié en 2003, a pour but de créer des systèmes intuitifs d'aide à l'apprentissage de pièces de guitare grâce à des moyens multimédia. Ce projet de recherche de l'UR a duré quatre ans jusqu'à la sollicitation de l'incubateur pour la création d'une entreprise [Conruyt, 2007]. E-guitare a été le support d'une thèse en informatique [Sébastien, 2009]. Il a été mené en partenariat avec le Conservatoire National de Région (CNR) avec deux professeurs, Patrick Sida et David Hoareau, qui fournissaient les pièces en guitare classique avec leur pédagogie. Le point de départ est le cours en présentiel avec un professeur. Nous avons cherché à reproduire les flux d'informations mis en jeu, en ajoutant la dimension interactive. Par rapport au contexte technologique de l'époque, il est apparu que le support DVD était le plus adapté, aussi bien en termes de capacité, de standardisation que de coût d'accès.

La **vision** est de « faire venir le professeur à domicile » pour jouer des pièces de guitare classique.

Imaginez : votre guitare bien calée sur le genou, vous écoutez "Jeux Interdits" tout en regardant sur votre téléviseur les mains du professeur de guitare. Gros plans, ralentis, retours en arrière, bouclage, tout est possible, jusqu'à ce que vous puissiez jouer en même temps que lui. Pour vous y aider, la partition incrustée allume chaque note en même temps qu'elle est jouée. Le tout en vidéo haute définition, plein écran, son stéréo naturel ! Et en plus les conseils du professeur sont associés aux notes et aux mesures jouées, sous forme de commentaires parlés et visuels.

Elle se traduit par les **objectifs** suivants :

Le système doit fournir une visualisation multi-angles du professeur qui interprète la pièce. À tout moment, l'apprenant peut passer d'une vue à l'autre, en temps réel et en plein écran, le principe étant d'apprendre par mimétisme, en regardant le modèle et en reproduisant les gestes. Une autre fonctionnalité fondamentale doit être ajoutée pour faciliter ce processus : un ralenti pré-calculé et contextuel qui permet de diviser par deux la vitesse d'exécution tout en gardant une très bonne qualité audiovisuelle. Ensuite, la progression dans la pièce se fait segment par segment par rapport à une référence qui est la partition ou la structure musicale (intro, couplet, refrain, ...). L'apprentissage passant par la répétition, un double système de bouclage (pré réglé par les concepteurs ou personnalisé par l'utilisateur) a été implanté.

La question de l'**identité** au niveau des objets usage se pose dès le départ du projet :

En effet, comme la place de l'utilisateur dans le développement est centrale, il faut l'impliquer dans la construction du e-service (**co-design**). Il se trouve que les membres de l'équipe sont eux mêmes guitaristes et premiers utilisateurs. Cette caractéristique est fondamentale pour l'adéquation entre la vision projetée et le problème à résoudre. L'origine du projet est d'ailleurs le constat d'une lacune : même dans un cursus suivi avec un professeur, il est difficile d'avoir de l'aide pour résoudre les problèmes techniques lors du déchiffrage entre deux cours, lorsqu'on est livré à soi-même, d'où une perte de temps.

Les **activités** de la résolution des pièces de musique se déroulent dans cet ordre (figure 27) :

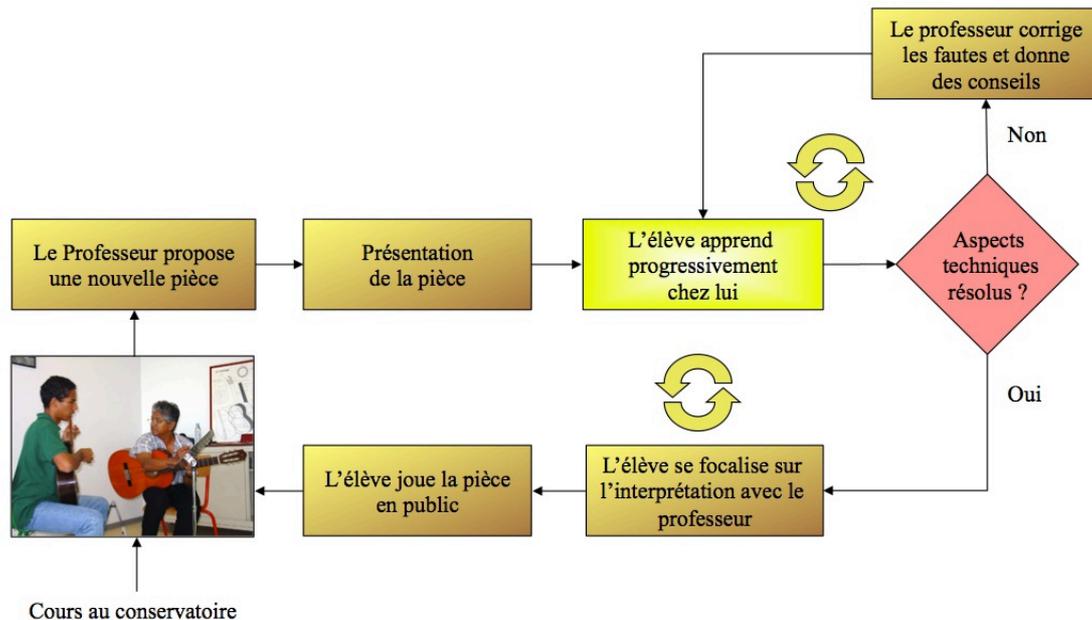


Figure 27. Le cycle des activités de l'élève pour jouer des pièces de musique à la guitare

On s'aperçoit que les difficultés techniques occupent l'essentiel du temps de travail de l'élève. Le projet e-guitare vise donc à l'acquisition et à la transmission des savoir-faire des professeurs de conservatoires et d'écoles de musique (gestuelle, doigtés de la main droite et de la main gauche, techniques et astuces pour les passages délicats, etc.) sur des pièces qu'ils interprètent. Le projet répond à un besoin des élèves et des amateurs de guitare pour comprendre comment **bien exécuter** les pièces d'un répertoire de la guitare espagnole, brésilienne, etc. de manière académique et professionnelle. Il existe une grande demande non satisfaite de cours de guitare et de « bonnes pratiques » pour des passionnés qui ne trouvent pas de professeurs pour les accompagner dans leur apprentissage. Le **conservatoire** est le lieu qui garantit un **enseignement de qualité** pour progresser en apprenant les techniques ad hoc, par exemple l'indépendance des doigts de la main droite.

Les **tâches** de développement de l'outil se sont focalisées sur l'aide technique apportée à l'élève pour correctement résoudre les passages difficiles de la pièce (karaoke, ralenti, bouclage, conseils, etc.). Elles se sont alors enchaînées naturellement en se répartissant les sous-tâches au sein de l'équipe projet composée d'infographistes et d'informaticiens.

La particularité du concepteur/utilisateur a eu un impact très positif sur la vitesse de progression des tâches à résoudre en fonction du **plan**, car les premiers feedbacks ont pu être très rapide. Le processus de développement itératif a pu se faire très vite au début et de façon transparente (oralement) grâce à cette évaluation interne. Par la suite, il a logiquement fallu ouvrir à de nouveaux testeurs, afin de mener une évaluation externe plus systématique. Les élèves de la classe de guitare classique du CNR se sont naturellement impliqués (leurs professeurs sont nos experts), mais aussi des passionnés indépendants qui représentent notre deuxième type de public.

L'évaluation a été menée sur deux fronts :

L'approche qualitative permet d'obtenir des informations sur l'usage du système. Elle repose sur des mises en situation, des focus groupes filmés, suivis d'entretiens individuels et/ou en groupes de testeurs. Le test permet de mettre en évidence les défauts d'ergonomie, de mesurer la popularité (ou pas) des fonctionnalités et discuter de celles qui manquent. Les conditions de l'expérience sont censées se rapprocher d'une utilisation à domicile, mais la présence des autres acteurs et des caméras introduit un biais certain quoique finalement acceptable : les volontaires trouvent la démarche utile et sont généralement prêts à collaborer. Au-delà de cela, ce genre d'opération est un signe fort de l'implication des utilisateurs dans le développement car c'est un témoignage de l'appropriation qui leur est offerte.

L'approche semi-quantitative repose sur des questionnaires (en version papier ou en ligne sur le Web). Elle doit permettre de produire des statistiques sur les types d'utilisateurs et sur leur utilisation du système. Mais elle suppose pour être pertinente que l'on ait un échantillon suffisamment grand de retours. L'outil IKBS a été utilisé pour déterminer des profils d'utilisateurs et personnaliser les contenus délivrés à chacun en fonction de ses centres d'intérêt et de son expérience (figure 28).

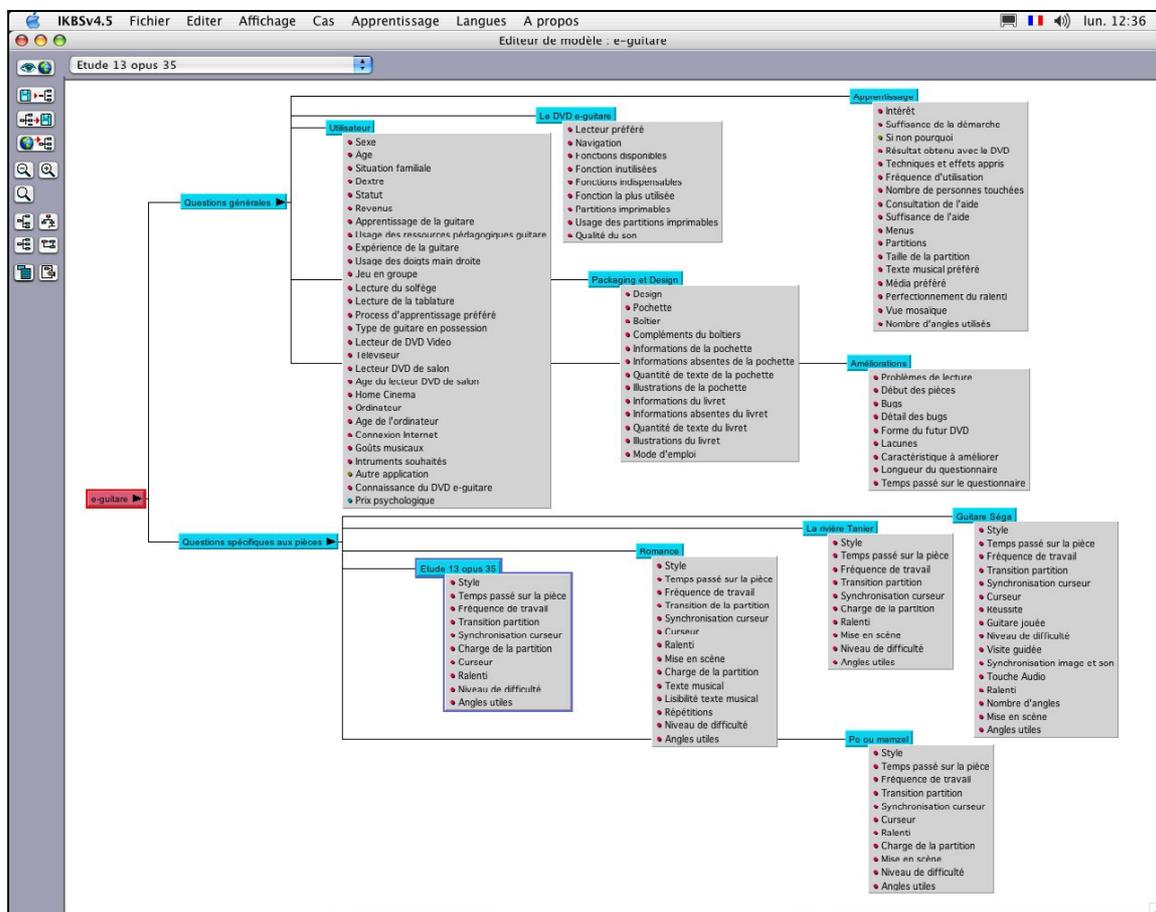


Figure 28. Utilisation du logiciel IKBS pour l'analyse semi-quantitative de la qualité de service

Une infrastructure de communication a alors été mise en place sous la forme d'un site Web communautaire, afin d'organiser les échanges entre les différents acteurs : équipe de développement (chercheurs, ingénieurs, infographistes, spécialistes vidéo, webmaster), professeurs de guitare, élèves et consultants extérieurs. Le Plateau de Créativité rassemblant tous ces intervenants a d'abord pris la forme de la salle de spectacle ayant servi de lieu d'enregistrement, puis du site Web. Par la suite, il a également revêtu la forme d'une salle de travail mettant des testeurs en situation, ainsi qu'un lieu de rencontre virtuelle dans le projet e-campus : la salle Canter (figure 29).

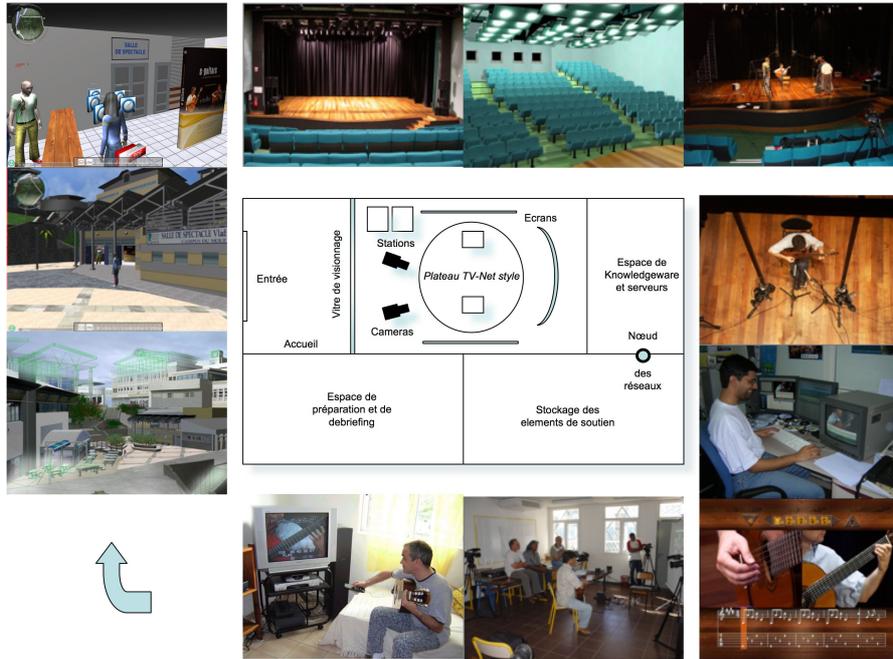


Figure 29. Le Plateau de Créativité avec ses différents lieux d'expérimentation

Pour illustrer le passage de l'outil à l'instrument avec le modèle SAI, nous prendrons l'exemple de conversion de l'outil au fil du temps (CD-ROM, DVD-TV, DVD-ROM, FIGS), pour des raisons liées aux usages. Tout d'abord, voici le cycle d'évolution du e-service jusqu'en 2009 (figure 30) :

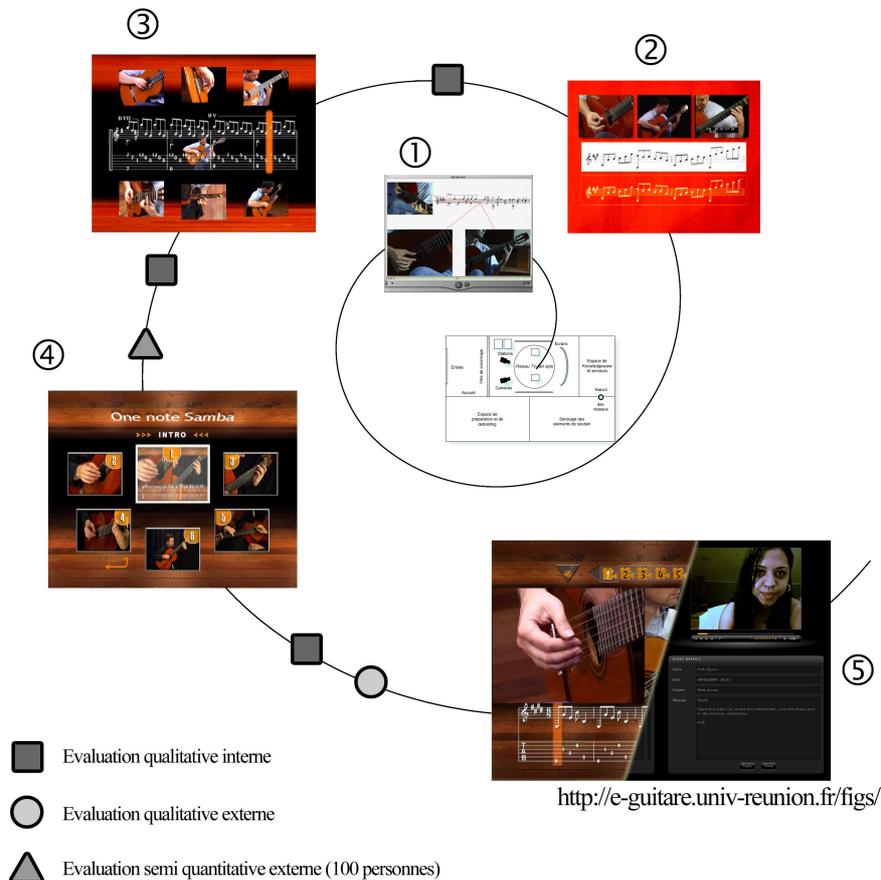


Figure 30. Cycle d'évolution du projet E-guitare avec ses réalisations

La réflexion sur le projet E-guitare a commencé en 2002, par la conception d'une **maquette** simulée en vidéo Quicktime qui a ensuite été améliorée en 2003 (écrans 1 et 2 de la Figure 30) et implantée sommairement pour la rendre interactive (CD-ROM). Ce travail a été la base d'une demande de financement pour e-guitare à la fin de cette même année dans le cadre des fonds FEDER DOCUP TIC 2000-2006. Après acceptation du dossier, le premier prototype de DVD a été conçu en 2004. Le chef de projet a été formé aux outils de production (Final Cut Pro et DVD Studio Pro, figure 29 à droite) ce qui lui a permis d'améliorer l'interface grâce aux retours des concepteurs/utilisateurs (**évaluation interne**) pendant un an (écran 3).

L'année 2005 a été le début de la **première itération** publique (**évaluation externe**). Le **prototype 1** qui implantait toutes les fonctionnalités (karaoké, time stretching, bouclage) a reçu un habillage quasi commercial et a été pressé à 500 exemplaires. La campagne de test qui a suivi a été étalée sur 6 mois, afin de laisser suffisamment de temps aux utilisateurs pour pratiquer le DVD. L'approche semi-quantitative externe avec le questionnaire au format IKBS n'a pas eu l'impact escompté à cause du taux de retours plus faible que prévu (1 questionnaire sur 4 a été retourné). Après une enquête rapide sur une sélection de personnes, il est apparu que les principales causes de démotivation étaient la longueur du questionnaire (jusqu'à 130 questions en fonction de l'expérience du testeur, voir figure 28) et son côté rébarbatif et impersonnel. On leur avait pourtant fait cadeau du DVD en contrepartie !

Par contre, l'approche qualitative a permis de vérifier que les fonctionnalités que nous avons développées étaient utiles à l'exception d'une hypothèse qui ne pouvait pas être maintenue : le choix de développer un DVD uniquement sur téléviseur avec le pilotage par télécommande (figure 29 en bas). En effet, **les utilisateurs travaillent avec ce DVD** (valeur d'usage) pour apprendre les pièces, ils ne se divertissent pas. La télévision est un moyen pour se retrouver en famille autour d'un film dans le séjour et pas pour travailler son instrument de musique, ce qui se fait plutôt dans sa chambre.

L'**artefact** proposé avec le DVD-TV n'étant pas en phase avec le **schème d'utilisation**, il a donc évolué pour aller vers le support DVD-ROM qui peut s'exécuter sur ordinateur. Cela a eu des conséquences sur l'ergonomie du e-service qui a dû être remaniée sérieusement dans le **prototype 2** (objets cliquables). En 2005, une étude économique et juridique a aussi été menée pour connaître l'état du marché du DVD en France et aux USA, les acteurs et les tendances sur les coûts (évaluation de la **valeur d'échange**), les droits de propriété intellectuelle applicables, les types de contrats à négocier en phase de commercialisation [Kia, 2005].

Notre DVD a ensuite été comparé à un produit commercial présenté comme similaire. Les testeurs ont été unanimes pour confirmer que notre expérience de e-learning était largement meilleure que la solution commerciale. Les points à revoir se situaient au niveau de l'ergonomie d'accès à simplifier en fonction du support (téléviseur ou ordinateur) et de l'absence de discours pédagogique du professeur. De même, le public en général souhaitait une plus grande diversité de styles et même d'autres instruments.

Ces retours ont donc permis de dresser les résultats de la **deuxième itération** du développement du e-service. Une nouvelle version a été développée en 2006 (écran 4), intégrant une double interface de contrôle : à la télécommande ou à la souris, avec un meilleur retour des choix effectués. Des séquences d'explications orales, appelées **conseils pédagogiques** ont été rajoutées contextuellement aux passages les plus complexes, afin de proposer des stratégies de résolution des problèmes. Cette version a été diffusée et évaluée à une large échelle de manière quantitative, après une période d'ajustements réalisée en interne par les concepteurs/utilisateurs. Le projet d'incubation d'une entreprise de production de DVD en e-learning instrumental a été lancé début 2007 [Conruyt, 2007].

En règle générale, les utilisateurs se montrent avides de communication, aussi bien des élèves vers les professeurs que les apprenants entre eux. Le DVD est un support adapté à une transmission de l'information des enseignants vers les étudiants. Mais une fois pressé ou gravé, il n'est plus possible de le mettre à jour facilement. D'où l'idée de le coupler à un service en ligne, qui rétablirait un **dialogue bidirectionnel** entre le professeur et l'élève (écran 5).

Nous avons donc développé une application Web intitulée **FIGS**³⁶ (Flash Interactive Guitar Saloon) jouant le rôle de forum audio vidéo adapté à l'apprentissage musical : la spécificité conceptuelle vient de la possibilité de localiser chaque contribution à un passage d'une pièce [Sébastien *et al.*, 2007].

Cette étape marque une **transformation de l'outil e-guitare sur DVD (off/line) en outil e-guitare sur le Web (On/line)**. Le site communautaire se veut la partie vivante du projet : il s'agit de mettre en place un accompagnement pour le DVD vidéo, sous forme d'un service interactif de retour d'expérience lors de l'apprentissage des pièces à la maison. Avec FIGS, nous initialisons un vrai **travail collectif** sur les œuvres musicales. En effet, on passe alternativement du mode **Teaching** du professeur qui diffuse son interprétation d'une pièce sur DVD, au mode **Learning** de l'élève travaillant cette pièce chez lui avec la qualité des vidéos et du son sur DVD, et posant des questions au professeur en se filmant avec sa Webcam. Il est à noter que les captations vidéo des professeurs sous différents angles qui ont été enregistrées dans le DVD sont aussi disponibles au format réduit dans FIGS. Pour poser une question sur un passage, les apprenants effectuent un marquage (début – fin) sur la barre de défilement du temps et s'enregistrent en vidéo chez eux avec leur caméra sur les passages qu'ils désirent montrer au professeur ou à la communauté. Le site communautaire devra donc comprendre un système de **gloses vidéo** dédié à l'apprentissage des pièces de musique, comme le montrent actuellement les services Web 2.0 de YouTube ou Daily Motion pour la vidéo.

L'évaluation de la **troisième itération** a donc concerné un système global formé des deux solutions offline (DVD) et online (site communautaire FIGS). Les retours ont été très positifs car le système est complémentaire du DVD et s'auto-enrichit au fur et à mesure des discussions. Il constitue une base d'informations accessible (car fondée sur des médias naturels) sur la pratique de l'instrument. Cette nouvelle donne n'a pas empêché des enquêtes sur chacune des solutions prises séparément. Le DVD vidéo est ainsi le noyau du e-service en enseignement et apprentissage des pièces de musique, le système de gloses vidéo venant compléter le dispositif de manière à permettre les échanges sur les techniques et les interprétations des passages délicats. Nous passons ainsi d'une **vision centrée sur la transmission des connaissances** des spécialistes à une **vision plus communautaire centrée sur le partage des signes**.

Conclusion

Au départ de cette réflexion sur les signes, il y a eu le terme de glose que nous a suggéré François Pachet lorsque nous avons souhaité implanter un système de gestion d'interprétations vidéo dans FIGS pour la guitare avec quatre professeurs. Ce dispositif a révélé une nouvelle forme de dialogue possible entre les apprenants et les experts dans le domaine de la musique.

Mais tous les domaines du e-learning instrumental nécessitant la **visualisation d'un savoir-faire** (la gestuelle, le coup de main, les trucs et astuces) sont concernés. Outre la musique, cela peut toucher les arts culinaires, la danse, les arts plastiques, l'artisanat, etc. Néanmoins dans notre cas, le domaine musical a été privilégié car nous sommes musiciens, nous connaissons nos limites dans l'apprentissage d'un instrument de musique et nous aimerions pouvoir bénéficier d'un tel service pour nous mêmes ! D'autre part, nous savons en tant qu'informaticiens que la production d'un son de qualité peut être visualisé et expliqué par les doigtés et les techniques gestuelles, et que cela nous motive de pouvoir proposer un e-service de qualité pour apprendre à bien jouer des pièces de musique, par exemple à la guitare ou au piano.

Nous sortons donc du domaine de la gestion des connaissances pour nous intéresser à celui de la **gestion des interprétations individuelles** plus vivantes. Et c'est là que nous tombons sur la notion de signe plus générale que celle de connaissance comme on l'a vu au chapitre 2.

³⁶ [<http://e-guitare.univ-reunion.fr/figs/>, visité le 04/08/2013]

Ensuite naît l'idée de développer un Système de Gestion de Bases de Signes (SGBS) avec sa plateforme **ISBS** (Iterative Sign Base System) pour partager des signes sur le Web. Le principe serait d'augmenter IKBS avec des fonctionnalités de travail collaboratif, d'annotation multimédia et d'immersion, afin que les usagers à la fois experts et amateurs puissent décrire leurs interprétations sous la forme d'inscriptions dans des bases de signes.

Dans le contexte mondial de compétitivité, de recherche et d'innovation, la conception de e-services nécessite un développement qui débouche sur l'usage [Musso *et al.*, 2005]. Avec le Web 2.0, ce sont les utilisateurs qui ont pris le pouvoir. Le progrès ne réside plus aujourd'hui seulement dans l'objet technologique en lui-même, mais bien dans sa capacité à intégrer des contenus variés que l'on cherche à produire en co-construction avec eux.

La gestion des connaissances se trouve donc plongée au cœur de ce processus créatif d'**innovation par l'usage** [Poulain, 2002], à la fois démocratique [Hippel, 2005] et participatif [Tapscott et Williams, 2006].

Cette gestion dont le but est de trouver une solution centrée utilisateur ne procède pas seulement à partir de données textuelles du domaine à extraire et à traiter. Par exemple dans le domaine du e-learning instrumental, les connaissances musicales ne sont pas formalisables uniquement par du texte codifié via XML (partition de musique en MusicXML), mais aussi et surtout par d'autres média (son, image) qui rendent mieux compte du sens et de l'intention désirée par l'interprète sur les objets de la partition (notes, accords, doigtés, silences, phrasé, ...).

Ce sont ces objets de l'interprétation humaine que nous cherchons à extraire et gérer car ils coïncident avec une vraie demande [Pachet, 2004]. Les projets E-guitare et E-piano sont deux exemples d'application innovante de l'extraction et de la gestion des connaissances de professeurs de conservatoire sous la forme d'objets multimédia qui a été développée en musique instrumentale avec des utilisateurs sur un Plateau de Créativité.

La méthodologie que nous proposons s'appuie sur l'identification, l'extraction et la conversion de ces objets multimédia qui proviennent des savoir-faire implicites des interprètes experts. Nous souhaitons les expliciter [Nonaka et Takeuchi, 1995] avec des plateformes appropriées tenant compte des pratiques du domaine.

La méthodologie de définition de e-services sur un Plateau de Créativité est en définitive orientée sur la recherche de solutions qui nécessitent le travail d'une équipe interdisciplinaire, et dont l'initiative et la créativité sont les moteurs (savoir-être). L'initiative naît de la rupture par rapport à un système établi, et la créativité est la proposition d'un système innovant qui aboutit à un résultat pas forcément attendu au départ. Cet **état d'esprit** est avant tout une affaire d'**imagination** (attitude) et d'**engagement** (comportement) de personnes qui veulent assembler des composants de manière structurée pour un usage déterminé.

E-CO-INNOVATION

Replacer l'humain au cœur des technologies est l'objectif de notre recherche sur la gestion des signes.

L'Internet du futur porte ses débats sur la massification³⁷ du Web qui transforme les relations sociales, notamment en matière de sécurité des données personnelles. Ou bien il met l'accent sur les technologies, l'Internet du futur des Objets³⁸, dans lesquels la plupart des communications d'un réseau seront entre des objets plutôt qu'entre des personnes. Lorsqu'il aborde la question de l'Internet des Sujets³⁹, c'est le thème de l'identité numérique qui surgit, avec l'objectif de pouvoir gérer la confiance vis à vis du réseau, mais aussi des services, et des autres sujets. Au niveau européen, les ouvrages du portail sur l'Internet du futur⁴⁰ montrent aussi que c'est la démarche techno-centrée qui est valorisée par rapport à celle centrée sur les humains.

Or, cet Internet du futur que nous cherchons à valoriser dans notre recherche est celui des contenus et des usages. Il est difficile de le trouver sur la liste des priorités actuelles de l'Internet du futur. Alors, ne faut-il pas changer de paradigme en introduisant plutôt la notion de Web du futur pour parler de ces objectifs plus centrés sur l'humain ?

Web du futur

En effet, avec l'arrivée des réseaux à très haut-débit (1 Gbit/s), le Web de demain va offrir de nouvelles opportunités pour les innovateurs afin de concevoir des produits et applications de qualité. Le défi de ces e-services ne se trouve pas du côté des infrastructures ou architectures à mettre en place, car ils sont supposés acquis avec les nouvelles technologies. Il se trouve plutôt du côté de la diffusion de l'information et de la communication, de ces contenus de nature multimédia qui constituent la source de e-services innovants.

Le Web du futur que nous préconisons, le Web sémiotique, n'est pas seulement un objet d'attention d'ordre technologique, économique, ou sociétal. Il est aussi ancré dans les valeurs individuelles, sociales, environnementales et culturelles.

Dans la perspective d'un développement durable avec les gens, les e-services qu'il proposera doivent posséder des propriétés biologiques, psychologiques, émotionnelles et éthiques pour être désirables. Car est-il concevable dans le Web du futur de ne parler que de technologies sans s'intéresser aux gens qui les utilisent ? Si l'on veut proposer un développement durable sur le Web, ne doit-on pas aussi proposer une vision plus humaniste du Web ? Ne faut-il pas réinventer le futur du Web sur de nouvelles bases plus fondées sur la créativité et l'innovation humaine ?

A La Réunion, nous avons proposé une vision plus écologique de l'innovation intitulée **é-co-innovation**. Il s'agit d'un cadre holistique pour développer l'innovation, qui débouche sur la création de notre Living Lab UR.LL.TL en **éducation**, au sein d'un écosystème digital appliquant une intelligence plus naturelle qu'artificielle.

L'Université de La Réunion, seule université européenne dans l'hémisphère sud, située entre Madagascar et Maurice dans le Sud Ouest de l'Océan Indien, veut s'ouvrir aux mondes⁴¹. La Réunion symbolise un micro monde qui concentre à la fois des richesses naturelles et culturelles inédites. Comment faire de cette île un laboratoire vivant du monde ? Sur son territoire, le Living Lab de

³⁷ <http://www.inria.fr/actualite/actualites-inria/massification-du-web-les-consequences>

³⁸ <http://fit-equipex.fr/francais>

³⁹ <http://internetdufutur.wordpress.com/>

⁴⁰ <http://www.future-internet.eu/publications/fia-book-2013.html>

⁴¹ <http://fr.slideshare.net/conruyt/urlltl>

l'Université de La Réunion souhaite donc promouvoir l'innovation ouverte et durable avec les gens : chercheurs, enseignants, entrepreneurs et étudiants. Pour cette petite cité de l'univers (univers-cité), les activités en enseignement et apprentissage du Living Lab sont décrites dans les deux domaines de la diversité naturelle (environnement tropical insulaire) et culturelle (industries créatives). Notre objectif est d'introduire les jeux sérieux comme moyen pour enseigner et apprendre dans un laboratoire vivant à la fois physique et virtuel, et faire qu'ils deviennent des instruments de partage, valorisation et dissémination de nos savoir-faire patrimoniaux.

Dans la figure 31 ci-dessous inspirée de Mercier-Laurent (2011), on constate l'importance des conditions de développement de l'innovation par un tel écosystème inspiré par la nature, et centré sur l'humain : le désir, l'envie de créer pour soi, puis de partager avec les autres sont les ressorts de l'innovation avec les TIC.

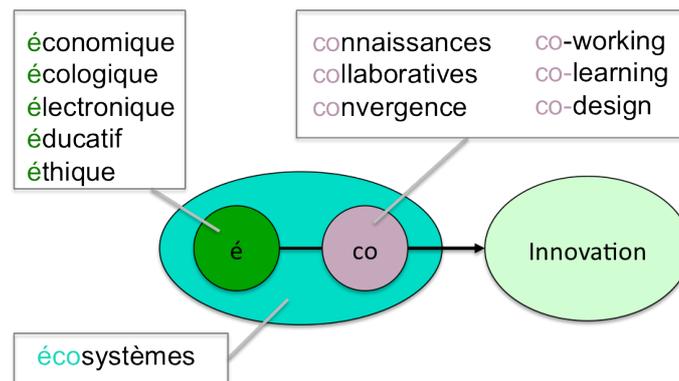


Fig. 31 : l'é-co-innovation

Quand un organisme ou un individu cherche quelque chose, son attitude est de faire attention aux événements de son environnement qui vont dans le sens (direction) de ce qu'il cherche. **Lorsqu'il l'a trouvé, on dit qu'il a innové car il a appris quelque chose et il va pouvoir reproduire l'action qui marche et la communiquer aux autres.** De manière primitive, la première intention d'un micro-organisme telle qu'une bactérie n'est que du bon sens : elle cherche à capturer de l'information du milieu pour se développer et rester en vie [Shapiro, 2007]. Le développement humain suit le même schéma d'auto-organisation de son système vivant à des niveaux plus complexes que les seuls besoins physiologiques et de sécurité. Ces besoins fondamentaux ont été prolongés dans une hiérarchie de la motivation : besoins d'appartenance et affectifs, d'estime, d'accomplissement [Maslow, 1943].

En conséquence, nous soutenons qu'avant de pouvoir être capable de fabriquer du vrai sens dans la société dans laquelle on vit, c'est-à-dire adopter un raisonnement formel et objectif sur l'innovation en prescrivant des règles, des conditions éco systémiques doivent être réunies (**éco->innovation**). Ces conditions sont subjectives, c'est-à-dire qu'elles dépendent des sujets qui composent la communauté.

L'objectif des individus est d'abord de pouvoir répondre à leurs propres besoins, ceux du bon sens psychologique (désir, plaisir, identité, etc.). Ce **point de vue pragmatique** de l'é-co-innovation sur la motivation humaine est corroboré par les théories des mondes animaux et humains (Umwelt) [Uexküll, 1926] et de la signification (Semiosis) [Peirce, 1965]. Ces sciences vivantes et logiques sont des composants de la **recherche interdisciplinaire** en Biosémiotique [Barbieri, 2007], qui a été introduite sous le vocable du Web Sémiotique avant même l'émergence du Web [Sebeok, 1986].

Ce que nous défendons ici, c'est la vision écologique et humaine du Web de demain, qui plonge ses racines dans la biologie comme l'indique la toile d'araignée qui permet de capturer sa proie. Les organismes sont des êtres vivants qui sont dotés d'intentions pour agir. Le Web est une toile permettant à tout humain de capturer de l'information en provenance du milieu qui l'intéresse. Il s'agit là d'une intelligence toute naturelle qu'il ne faut pas oublier lorsque l'on conçoit des e-services.

Ensuite, au sein de l'écosystème d'innovation, il s'agit de confronter les subjectivités de chacun pour finalement arriver à un **consensus** qui peut être érigé au rang d'innovation collective. On sépare donc éco en é-co pour signifier les deux niveaux d'interaction individuelle et collective :

- 'é' représente les motivations individuelles économique, écologique, électronique, éducative et éthique,
- 'co' représente le niveau d'interaction communautaire avec la méthodologie de co-design impliquant le savoir-faire du côté du métier (co-working) et le savoir-utiliser (co-learning) du côté des usages.

La communauté travaille pour discuter des interprétations de chacun sur un objet déterminé, afin d'élaborer des connaissances issues de l'analyse de l'intersubjectivité des individus. C'est cela le projet scientifique que nous visons avec ISBS dans le sens indiqué par Popper avec sa quête inachevée de la vérité (1986).

Iterative Sign Base System

La plateforme ISBS que nous souhaitons proposer pour cela s'appuie sur :

- Le Living Lab en Teaching et Learning pour la gestion des phénomènes générant la motivation des porteurs de projets (lead users),
- Le Plateau de Créativité pour la gestion des activités permettant d'expérimenter les maquettes et les prototypes avec les usagers.

ISBS est une généralisation du logiciel IKBS pour la gestion des **sciences citoyennes**.

En effet, IKBS est une plateforme de gestion des connaissances pour un expert adoptant une démarche réflexive de modélisation, description, classification et identification de spécimens biologiques. Il permet au spécialiste de définir des ontologies peuplées par des cas pour qu'il puisse confronter son modèle descriptif (observable) avec ses exemples (observé).

ISBS apporterait **trois dimensions éducatives** supplémentaires à IKBS :

- Le travail collaboratif (**wiki supervisé**) : il s'agit de partager des données et des connaissances entre les différents usagers (experts, amateurs) du domaine en se faisant attribuer des rôles pour l'évaluation de la qualité de l'information fournie. Ce travail fonctionnerait selon le modèle du Service d'Evaluation Scientifique du projet NEXTIC [Cochet, 2012].
- Le travail d'illustration avec un système d'annotations multimédia (**gloses vidéo**) pour expliquer, discuter et comprendre les termes employés dans les ontologies (thésaurus illustré) et dans les cas. Ce travail réutiliserait la plateforme d'Annotation sémiotique @-MUSE du projet e-piano [Sébastien *et al.*, 2012],
- Le travail en mobilité sur le terrain (**immersion en bosse**) avec sa tablette ou smartphone relié ou pas à la plateforme.

La somme de ces dimensions confèrera à ISBS un statut IKBS++ pour partager des signes.

En effet, le **processus d'éducation** doit aussi devenir **bidirectionnel** entre les enseignants et les apprenants, afin de devenir plus attractif et efficace. A. Ségovia, un guitariste classique célèbre a déclaré que dans sa carrière, les élèves étaient ses meilleurs professeurs ! C'est pourquoi le partage des expertises et savoir-faire est l'objectif de notre Living Lab en éducation avec les TIC.

Une des solutions que nous proposons dans le cadre de notre Living Lab UR.LL.TL est de **partager les performances** de différents types de sujets (utilisateurs experts, confirmés, débutants) en les annotant dans des écrits structurés au format XML qui représentent les connaissances. Il ne s'agit pas

seulement de transmettre des objets ou des savoirs que l'on trouve dans les livres ou dans la tête des spécialistes. Il s'agit aussi d'indexer les **interprétations** vivantes des sujets par rapport à des termes, des mots d'un texte, des notes de musique, des expressions littérales, des phrases musicales, des mesures, bref des parties du texte ou de la partition nécessitant des explications de la part du sujet.

Par exemple, notre méthode de gestion des signes fabrique des bases de signes qui sont constituées d'interprétations filmées pour **savoir comment faire les choses**. Parallèlement, la méthode de gestion des connaissances crée des bases de connaissances qui sont des descriptions textuelles codées pour **savoir ce que sont ces choses**. Aujourd'hui avec le Web 2.0, l'enseignement ou la transmission des connaissances des professeurs aux étudiants n'est plus suffisant. La gestion des connaissances avec les TIC n'est pas la seule solution parce que l'on ne peut pas gérer les **savoirs** qui se trouvent entre les oreilles des individus ou dans les livres. On ne peut gérer que les **savoir-faire** et les interprétations que les sujets (experts, amateurs) communiquent en parlant, montrant, pratiquant une activité. En définitive :

Gestion des signes = gestion des savoirs (connaissances) + gestion des savoir-faire (interprétations)

La thèse de Véronique Sébastien apporte quelques réponses à cette problématique générale d'ordre **pédagogique**. Car pour apprendre correctement des pièces de musique, il est nécessaire de capturer le bon geste qui produit le bon son. Il y a des bonnes et des mauvaises interprétations dans la manière de résoudre des passages délicats d'une pièce, des choix techniques judicieux et d'autres moins qui conduisent à une impasse. Il est donc important de pouvoir **montrer le bon mouvement** qui n'est pas décrit dans la partition, en le décomposant en **instructions** dans le rythme indiqué pour comprendre la mécanique gestuelle conduisant à la résolution du problème. Ce travail est obligatoire si l'on veut maîtriser la rythmique et l'harmonie d'une pièce exécutée sur son instrument. Certains compositeurs sont connus à la guitare classique pour être de véritables instructeurs indiquant précisément les gestes à faire par des descriptions minutieuses (figure 32). Néanmoins, rien ne vaut la démonstration filmée du portamento et du gros vibrato qui suit pour comprendre l'intention du compositeur à la mesure 45 !

1. " portamento " : glisser le doigt et jouer la note d'arrivée / *slide the finger and pluck the 2nd note.*

2. " pizz. " : poser la tranche de la main droite sur les cordes à jouer au niveau du chevalet puis, avec le pouce, jouer ces deux notes simultanément: le son ainsi produit (étouffé) a pour nom pizzicato.

" pizz. " : *place the side of the right hand on the bridge, over the strings to be played, then play both notes simultaneously with the thumb: the resulting sound (" étouffé ") is also known as " pizzicato ".*

Figure 32. Un extrait de partition de la lettre française de Roland Dyens

Dans ce contexte explicatif qui s'apparente à du compagnonnage sur le Web, les bases de signes sont plus efficaces que les bases de connaissances, car elles montrent des exemples en plus de les décrire. Les bases de signes sont construites en utilisant les **technologies multimédia** (son stéréo, vidéo HD, simulation 3D), qui sont le meilleur moyen de montrer des exemples d'enseignants et de répondre aux questions des apprenants pour un meilleur service d'éducation.

Jouer pour apprendre

L'objectif de notre LL est aussi d'enseigner et apprendre tout en s'amusant, même si l'on sait que pour jouer correctement d'un instrument comme la guitare classique, il faut 95% de transpiration et 5% d'inspiration ! Les **annotations multimédia** aident à construire le sens des objets interprétés par les sujets, par exemple le bon mouvement qui produit le beau son. Le **jeu** d'apprentissage consiste donc à réussir à jouer la pièce correctement en s'aidant des conseils apportés par le e-professeur à domicile.

Pour y arriver, il faut déployer des capacités qui sont celles de l'observation, puis de l'action, pour pouvoir comprendre :

Jouer pour apprendre => Observer, Agir, Comprendre

Le partage d'expertises et de savoir-faire par les jeux d'apprentissage sérieux est la valeur ajoutée que nous souhaitons mettre en œuvre en matière d'éducation dans notre Living Lab. Les bases de connaissances servent à transmettre des connaissances, donc à enseigner. Elles se fondent sur la gestion des connaissances tacites (dans la tête) et explicites (dans les livres) des spécialistes. Les bases de signes servent à partager des signes, donc à enseigner et apprendre. Elles se fondent sur la gestion des signes de tous les usagers du domaine, aussi bien les spécialistes que les amateurs.

Les domaines tels que la gestion de la biodiversité, l'exercice d'un art (musique, danse, sport, cuisine, artisanat, etc.), d'une science (médecine), l'artisanat, s'exprimer dans une langue, savoir accueillir des touristes nécessitent de montrer des savoir-faire reproductibles que l'on peut annoter dans des écrits structurés. À titre d'exemple en cuisine, il y a une grande différence entre connaître la recette d'un plat et le faire concrètement.

Pour y parvenir, le jeu est une partie fondamentale du processus d'apprentissage, même s'il doit être répétitif, parce que cette activité, qu'elle soit plaisante ou laborieuse, a toujours animé la compréhension humaine dans le processus de développement de l'enfant à l'adulte. De plus, les jeunes jouent beaucoup avec les jeux vidéo au lieu de lire des livres. En résumé, le jeu doit être pris au sérieux entre les activités d'enseignement et d'apprentissage à l'école et aussi dans les universités. De nouvelles actions de recherche seront développées dans notre LL pour la **gestion des savoir-faire et des savoirs par le jeu**. Par exemple, l'apprentissage par le jeu est souvent fondé sur la reproduction du geste en imitant le professeur. Que se passerait-il si l'on pouvait reproduire la vue subjective en 3D du professeur en train de contrôler ses gestes à la main droite ou à la main gauche ? Cela ne serait-il pas amusant de reproduire fidèlement le mouvement par mimétisme ?

Enseigner et apprendre par le jeu est une caractéristique fondamentale que les dimensions immersive, sociale et multimédia du Web sémiotique apportent.

Le **Playing** vient alors se positionner en position centrale entre le Teaching et le Learning dans le processus de gestion des signes. La méthodologie de gestion des signes produit des bases de signes qui comprennent des descriptions d'interprétations, c'est-à-dire des **inscriptions** audio-visuelles. La méthodologie inclut aussi la méthode d'IKBS de création de bases de connaissances qui sont des descriptions textuelles structurées et codifiées.

On peut ainsi imaginer un e-service d'annotation *in situ* dans le domaine de l'éco-tourisme, où les randonneurs enrichissent ce qu'ils observent par de petits films en se baladant dans les sentiers. Ils choisissent des portions de texte à illustrer dans une base de connaissances. Ils sont connectés à une plateforme ISBS et échangent leurs points de vue sur ce qu'ils voient en annotant le vocabulaire de la base de signes. Des jeux d'identification peuvent être proposés sur le terrain en utilisant un autre

logiciel complémentaire à IKBS appelé Xper2⁴² [Ung *et al.*, 2010]. En effet, une application Android a été développée pour exporter le contenu d'une base Xper2 sur mobile (figure 33).

Cette idée est le point de départ d'un nouveau sujet de thèse SoLoMoCo qui a été proposé pour la rentrée 2013 [Conruyt et Vignes-Lebbe, 2013]. Dans le document, on peut y observer la première maquette du concept ISBS pour le e-service é-co-touristique dans ses dimensions annotatrice et immersive. Les dimensions sociales et collaboratives d'ISBS sont aussi explicitées dans le projet WISDOM [Conruyt, 2011] qui vise à concevoir une plateforme Web Ubiquitaire et Immersive sur le modèle des Jeux Massivement Multi-joueurs Online (MMO).

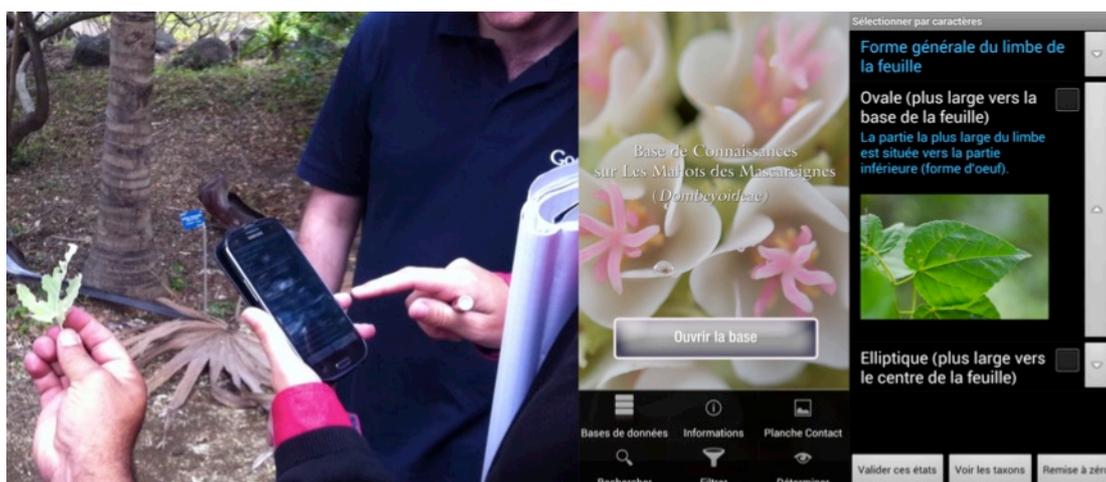


Figure 33. L'identification des Mahots avec l'application mobile issues d'Xper2

Notre méthode LL fait converger les côtés humains et informatiques de l'interaction homme-machine sur un **Plateau de Créativité** pour la co-conception de e-services avec les TIC. Elle permet ainsi d'améliorer le partage des interprétations subjectives avec le **Web sémiotique** (le Web des signes), en plus de la transmission des choses objectives avec le **Web sémantique** (le Web des objets ou des données).

Le Web sémiotique cherche à construire le Web des humains en plus de celui des machines.

Son objectif est de construire des ontologies partagées entre acteurs du développement durable de manière itérative. Le processus est ascendant et démarre avec une proposition d'un spécialiste qui définit l'arborescence des objets, attributs et valeurs dans un modèle descriptif, puis peuple son ontologie avec ses descriptions. Les autres sujets qui produisent des contenus (des amateurs comme des spécialistes) peuvent aussi renseigner des cas en s'appuyant sur la même structure, les illustrer, ce qui permet de générer une base de signes multi-utilisateurs. Différentes descriptions peuvent être illustrées pour un même objet. Les annotations filmées montrent alors la **variabilité inter subjective** et permettent de discuter pour trouver les raisons des écarts d'interprétation. Cela peut engendrer des modifications dans les anciennes descriptions et dans le modèle descriptif. Cette procédure de travail collaboratif enrichit la base de signes aussi bien du côté du métier que du côté des usages. Elle génère une meilleure compréhension mutuelle entre les participants qui co-construisent une application en commun. C'est par le frottement des interprétations que l'on peut en extraire un consensus qui s'élèvera au titre de connaissance collective et scientifique.

⁴² Xper2 permet de décrire des espèces avec des listes de caractères qui peuvent être dépendants. IKBS utilise des arborescences de description pour décrire des échantillons ou des spécimens.

Les **sciences citoyennes** sont ainsi un des enjeux du Web sémiotique que nous avons identifié dans le domaine de l'aide à la gestion de la biodiversité. L'implication des usagers passe par des **jeux d'identification** sur le terrain, afin d'accéder à l'information sur les espèces.

Dans les domaines artistiques, c'est le partage des *bonnes* interprétations qui fonde la valeur du Web sémiotique. Chacun peut déterminer quelle est la meilleure interprétation ou celle qu'il préfère lorsqu'un sujet joue une pièce de musique.

Que ce soit dans les sciences ou dans les arts, l'accès aux savoir-faire et aux savoirs sera une demande de plus en plus forte de la part des usagers dans le Web de demain. Nous devons pour cela proposer des e-services de qualité provenant de la recherche, ce qui signifie pour notre université de s'ouvrir au monde de la valorisation de la recherche.

La valorisation de la recherche

Dans notre équipe IC-IHM, nous avons toujours souhaité approfondir la relation qu'entretient la **recherche** avec la **valorisation** depuis le début de nos travaux à l'IREMIA. En effet, nous plaçons cette dernière en tête de nos préoccupations par rapport à la recherche qui en dépend financièrement. Sur notre territoire situé à 9500 km des grands foyers scientifiques, la recherche en informatique ne peut être qu'un moyen au service de la valorisation et non pas un but en soi. En effet, c'est au sein de projets de valorisation que l'on peut *développer* des *recherches* utiles pour aboutir à des e-services *innovants*.

C'est donc le trio Recherche-Développement-Innovation (RDI) qui permet aux chercheurs de trouver des **solutions** qui fonctionnent entre les mains des usagers. La RDI fait appel aux capacités d'imagination, à la vision d'ensemble et aux efforts de veille du chercheur en informatique. Cette posture est une philosophie de la recherche qui valorise aussi plus l'équipe que l'individu⁴³. Ainsi, nous conditionnons les publications dans des revues à des résultats réellement appliqués sous la forme de logiciels utilisés par leurs cibles. Ces logiciels peuvent avoir une vocation économique, sociétale, technologique, éducative. L'originalité de notre recherche en gestion des signes tient donc dans une nouvelle manière de gérer celle-ci au sein de **projets de valorisation**.

Nous avons pu expérimenter cette valorisation au travers de quatre projets depuis 1995 :

Le **premier projet** s'intitulait **VBD** pour « Valorisation des Bases de Données » scientifiques à La Réunion. Il consistait à fabriquer un véritable instrument avec les systématiciens⁴⁴, afin qu'ils puissent décrire, classier et identifier les spécimens biologiques. Initialement prévu pour valoriser l'Herbier de La Réunion, ce projet de recherche *technologique* a été appliqué finalement sur la collection des coraux des Mascareignes [Faure, 1982] lors de deux phases de développement financées par le Conseil Régional entre 1997 et 2001. Le résultat est double : d'un côté des applications sous la forme de **bases de connaissances** sur cinq Familles de coraux permettant de modéliser le savoir-faire des spécialistes, et de l'autre le logiciel **IKBS**, Système de Gestion de Bases de Connaissances qui a fait l'objet d'une thèse soutenue en 2002 [Grosser, 2002]. Ce projet d'aide à la gestion de la Systématique est centré sur les usagers experts. Il s'inscrit dans la dimension du **Web sémantique** et de la gestion des connaissances en permettant aux spécialistes de définir eux-mêmes des ontologies du domaine et de renseigner des cas (figure 34).

⁴³ La recherche est valorisée individuellement en France (progression de carrière) alors que l'innovation est valorisée collectivement (création d'entreprise), ce qui la rend moins valorisante pour l'enseignant chercheur fonctionnaire !

⁴⁴ Les systématiciens sont des spécialistes du recensement de la biodiversité d'un groupe botanique ou zoologique.

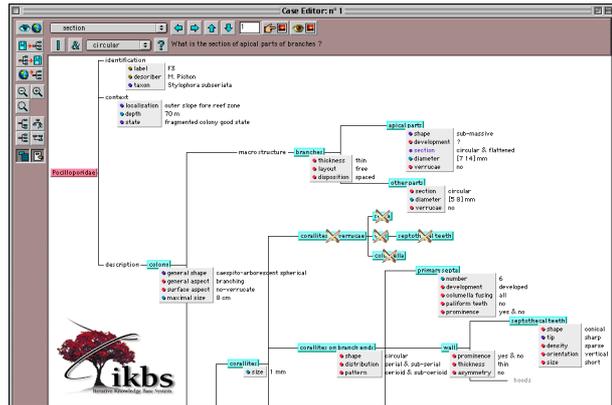
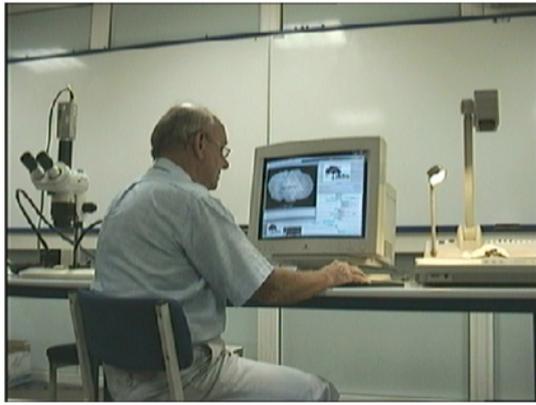


Figure 34. Gestion des connaissances avec un expert des coraux utilisant IKBS pour renseigner un cas

Le **second projet** est une extension du projet VBD au niveau de la recherche en *environnement*, principalement sur la biodiversité. Il s'agit d'un programme de valorisation des **contenus** de l'environnement tropical insulaire par les TIC, intitulé **ETIC**⁴⁵. Il a été financé par le DOCUP TIC (mesure A9-04) sur des fonds Etat-Région-Europe⁴⁶. Il avait pour objectif d'aider les gestionnaires de parcs naturels à recenser la biodiversité terrestre et marine avec des **bases de données**. Ce programme de 1,25 M euros et d'une durée de quatre ans s'est terminé en novembre 2007. Il a fédéré quatorze projets avec les acteurs universitaires de la protection de l'environnement, les associations et les collectivités pour la mise en place d'un **système d'information (SI) pour l'aide à la gestion des contenus de la biodiversité réunionnaise**. Le programme ETIC a abrité le projet « Coraux des Mascareignes » dans sa phase III consistant à rendre les bases de connaissances plus accessibles aux différents publics autres que les spécialistes (identification des Genres) [BC₂M, 2008]. ETIC a été ensuite suivi par le projet **NEXTIC**⁴⁷ entre 2009 et 2011 pour permettre de définir des **Web Services** opérant sous la forme de différents modules de gestion des **données** (Systématique, Authentification, Annuaire, Multimédia, Evaluation) interopérables entre eux (figure 35) [Cochet, 2012].

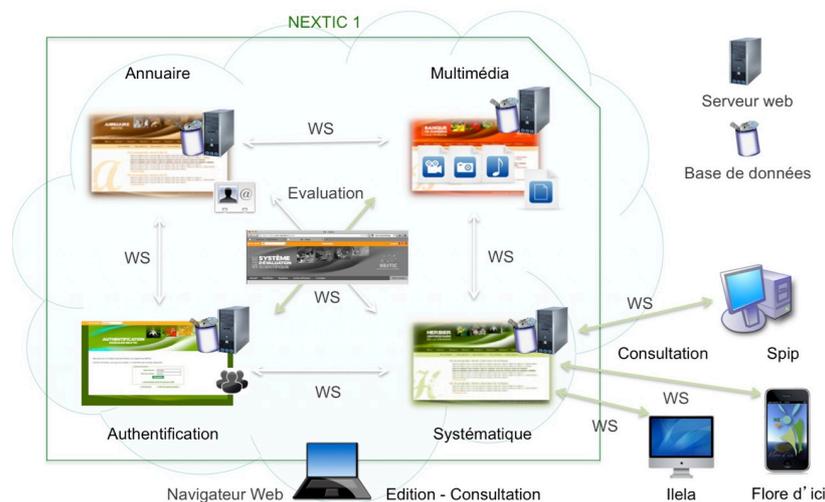


Figure 35. Gestion des données par les Web Services dans le projet NEXTIC

Le **troisième projet** est focalisé sur les objets culturels en musique. Il est à la fois *éducatif*, *social* et *économique*. Il cherche à valoriser les savoir-faire des musiciens instrumentistes à l'aide de solutions

⁴⁵ [<http://etic.univ-reunion.fr/>, visité le 06/08/2013]

⁴⁶ [<http://www.reunion-europe.org/docup/A9-04-CI.html>, visité le 06/08/2013]

⁴⁷ [<http://nextic.univ-reunion.fr/>, visité le 06/08/2013]

de e-learning off et on-line. **E-guitare**⁴⁸ a pour but l'apprentissage des pièces de guitare chez soi à l'aide d'un DVD vidéo interactif off/line. Le projet FIGS permet aussi aux guitaristes de poser des questions en ligne aux professeurs en s'enregistrant avec leurs Webcams pour soulever les problèmes techniques rencontrés sur les passages de la pièce. Ce projet de 450 K euros s'est terminé en février 2007 et a duré 3 ans. Il a fait l'objet d'une entrée en incubation pour la création d'une entreprise. Mais le porteur de projet a finalement été recruté comme enseignant-chercheur à l'Université de La Réunion après sa thèse [Sébastien, 2009]. Le projet ne s'est pourtant pas arrêté là : il a bénéficié d'une bourse régionale de thèse en 2009 avec le projet **E-piano**⁴⁹ sur des **bases de signes** musicaux. La thèse se termine en même temps que cette HDR avec une orientation **Web sémiotique** utilisant l'annotation vidéo de partitions électroniques sur tablette (figure 36) [Sébastien, 2013].



Figure 36. Gestion des contenus avec @-MUSE pour annoter des partitions électroniques

Enfin, le **quatrième projet** intitulé **E-campus** regroupe toutes les dimensions de l'innovation à la fois en termes d'éducation (e-learning), de nouveau marché (jeux sérieux), de technologie (3D temps réel) et d'environnement (mondes virtuels persistants et réseaux sociaux). Il explore les possibilités des jeux vidéo massivement multi-joueurs (MMORPG) pour introduire les acteurs universitaires dans des mondes virtuels sous forme d'avatars qui communiquent entre eux leurs informations. Ce projet a été le premier partenariat de l'Université de La Réunion avec une entreprise du secteur des jeux vidéos à La Réunion, la société NpCube, qui a développé un jeu vidéo en ligne appelé Dark and Light⁵⁰. E-campus se veut le point de départ d'un programme d'accès aux contenus via la 3D (PAC3D) pour explorer un nouveau **Web immersif**, réaliste et interactif. Il s'agit de la rencontre entre les mondes virtuels que l'on trouve dans des applications comme Second Life et les mondes miroirs tel que celui de Google Earth⁵¹. Ce projet a donné lieu à des développements dans le domaine de la gestion de la biodiversité avec une thèse sur la génération de représentations immersives pour les Systèmes d'Information [Sébastien, 2010]. Il se poursuit actuellement à l'Université de La Réunion avec le peuplement par des objets à l'intérieur des bâtiments afin de définir des nouveaux e-services d'accès à l'information, par exemple pour trouver un livre à la Bibliothèque Universitaire à partir de sa côte (figure 37).

Ces quatre projets de valorisation de la recherche ont chacun abordé une caractéristique du Web sémiotique : le Web immersif pour E-campus, le Web des contenus et des savoir-faire avec E-guitare, les Web Services avec NEXTIC, le Web sémantique avec IKBS. @-MUSE est l'application d'annotation de partitions pour le piano qui fait le lien entre toutes ces dimensions, en préfigurant ainsi la plateforme ISBS.

⁴⁸ [<http://e-guitare.univ-reunion.fr/>, visité le 06/08/2013]

⁴⁹ [<http://e-piano.univ-reunion.fr/>, visité le 06/08/2013]

⁵⁰ [<http://www.darkandlight.com/>, visité le 06/08/2013]

⁵¹ [<http://www.technologyreview.com/article/408074/second-earth/>, visité le 06/08/2013]

La mutation de la recherche au service de la valorisation soulève des questions économiques, juridiques, culturelles, techniques et sociales qui nécessitent d'appréhender la place centrale qu'occupe **l'usager** dans la démarche d'innovation. En effet, celle-ci devient plus que jamais, un défi non seulement technologique, mais surtout humain. C'est pourquoi il nous faut mesurer l'importance d'une **convergence des compétences**, d'une **transversalité** entre les sciences humaines et sociales et les Sciences et Technologies de l'Information et de la Communication (STIC) en vue de favoriser des synergies d'individus.

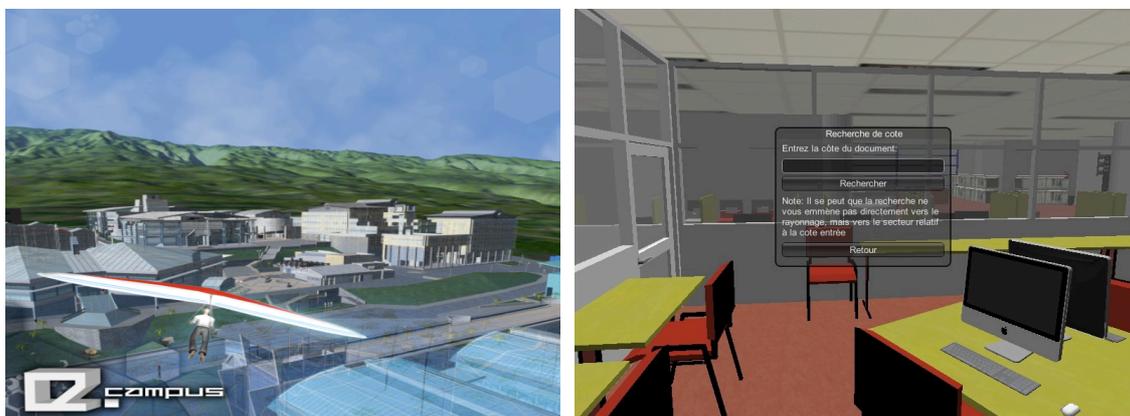


Figure 37. Utilisation d'un MMORPG pour le projet e-campus et de Unity3D pour la BU

Nous sommes donc engagés dans un processus de RDI de type à la fois scientifique (recherche expérimentale) et entrepreneurial pour trouver des moyens de fonctionner à partir de projets sur des solutions (e-services), qui se situent entre la **Production** des connaissances par les scientifiques ou les artistes et la **Distribution** de celles-ci sur les réseaux. Il s'agit de valoriser les connaissances produites grâce à l'**Édition**, c'est-à-dire par une **mise en forme des contenus** avec des logiciels qui facilitent la transmission et le partage de ceux-ci sur le Web.

Notre positionnement éditorial s'inscrit dans une démarche d'**innovation**⁵² [Sfez, 2002] avec une vision holistique qui intègre les trois fonctions de Production, d'édition et de distribution. En effet, comme nous l'avons expliqué avec notre méthodologie de co-crédation de e-services fondée sur un **Plateau de Créativité**, l'innovation n'est pas située après l'invention (issue de la recherche fondamentale et de la science), ni même avant le développement et son insertion dans la société ou sur le marché, dans un processus linéaire qui irait de l'invention à l'utilisateur. Comme le dit P. Musso (2005), l'innovation est devenue un phénomène collectif, complexe, long, itératif, associant les concepteurs, l'ensemble de l'entreprise, ses partenaires et ses concurrents, les médias et les utilisateurs qui ne sont pas de simples « réceptacles », mais qui en deviennent des co-acteurs.

Horizon 2020

Mais où en est-on en 2013 en ce qui concerne l'innovation et la recherche en Europe et incidemment à La Réunion ? Le processus de démocratisation de l'innovation s'est accéléré sous les effets conjoints de : 1) la crise financière qui oblige l'Europe à spécialiser l'offre de projets sur des cibles porteuses identifiées en régions⁵³, et 2) la croissance du Web 2.0 qui permet à tout individu d'accéder à la recherche publique, de mener ses propres expériences et de pouvoir développer ses idées en créant une entreprise.

⁵² Le néologisme innovation contracte invention et innovation, pour éviter la coupure entre science fondatrice (qui invente) et technique servante (qui innove).

⁵³ [<http://s3platform.jrc.ec.europa.eu/home>, visité le 04/08/2013]

Horizon 2020 est la nouvelle politique européenne en matière d'innovation à tous les étages qui place les TIC au cœur de sa stratégie de spécialisation⁵⁴. Dans son agenda digital, il se trouve que les **Living Labs**⁵⁵ sont un des axes de cette stratégie, qui met en avant le concept d'innovation sociale. Cette dernière met l'utilisateur au centre du dispositif pour co-crée de nouveaux produits et services avec les partenaires publics et privés.

Quelles sont les spécificités pour innover à La Réunion ? NEXA⁵⁶ est l'agence de développement chargée de définir la stratégie régionale de recherche et d'innovation pour les sept prochaines années. D'un **point de vue économique**, elle met en avant la bio économie, avec l'agro nutrition en milieu tropical et la santé, l'économie numérique, le tourisme durable, la maîtrise de l'énergie. D'un **point de vue sociétal**, elle cherche à valoriser les talents locaux, la diversité culturelle régionale qu'il faudrait faire mieux connaître en tant qu'identité, comme les danses, les musiques, la cuisine créole. Enfin, c'est aussi du **point de vue environnemental** que les atouts de La Réunion sont les plus marquants : richesse des paysages et de sa biodiversité.

Cette poliTIC est en phase avec nos travaux de recherche sur l'innovation à La Réunion. Pour le domaine de l'économie numérique, nous avons donc proposé d'é-co-innover dans le domaine de la gestion de la biodiversité et de l'éco-tourisme. Dans cet écosystème digital, la notion de **projet de valorisation** est centrale. La recherche apparaît comme périphérique. En clair, l'innovation aurait pris le pas sur la recherche à La Réunion⁵⁷ pour développer du lien social qui conditionne le bien économique ... Mais il ne suffit pas de le dire, il faut le faire !

Car plus concrètement, que signifie H2020 en informatique à La Réunion, territoire insulaire tropical de l'Océan Indien ? Pour notre équipe, il s'agit de **contextualiser** nos travaux, c'est-à-dire de concevoir et développer des outils pour faire connaître les spécificités de La Réunion, et ainsi de développer des savoir-faire dans des niches qui soient exportables. Le Plateau de Créativité avec sa méthodologie de co-design et un Living Lab réunionnais (RunLLab) sont des enjeux importants pour permettre de faire participer les différents acteurs dans le montage et la réalisation des projets de valorisation qui leur tiennent à cœur.

La méthode itérative de gestion des signes par le **co-design** entre objets métier et objets usage est en phase avec la manière symbolique de penser la recherche dans le monde de la complexité (multiplicité des liens) et de l'interaction (dynamique qui parcourt ces liens) [Soudoplatoff, 2006]. Cette méthode met aussi l'accent sur les **relations** humaines transversales et qualitatives des individus en quête de sens [Nifle, 2004]. Elle se nourrit de la réflexion philosophique humaniste qui s'est développée depuis trente ans sur la pensée complexe⁵⁸ [Morin, 2008], et depuis une dizaine d'années sur l'investissement durable⁵⁹. La plateforme ISBS que nous souhaitons développer épousera ces principes où il s'agit de **relier** tout en distinguant (multiplication), plutôt que de disjoindre et de réduire (division).

RunLLab souhaite faire de La Réunion un laboratoire vivant du monde en expérimentant un nouveau type d'innovation à la fois économique, social et environnemental : l'é-co-innovation. Dans le cadre de la préfiguration de ce Living Lab réunionnais sur TECHNOR, nous avons proposé un projet e-co-bio-tour afin de faire se rencontrer deux mondes qui n'ont pas l'habitude de travailler ensemble : celui de la gestion touristique et celui de la gestion de la biodiversité.

Au sein de UR.LL.TL qui préfigure RunLLab pour l'éducation, nous avons expérimenté cette démarche soutenable, c'est-à-dire à la fois ouverte, intelligente et inclusive dans nos projets en gestion de la diversité naturelle et culturelle. Dans ce contexte, et plus spécifiquement pour les **TICE** dans le

⁵⁴ [<http://s3platform.jrc.ec.europa.eu/digital-agenda>, visité le 04/08/2013]

⁵⁵ [<http://s3platform.jrc.ec.europa.eu/living-labs>, visité le 04/08/2013]

⁵⁶ [<http://www.nexa.re/>, visité le 04/08/2013]

⁵⁷ [<http://www.innovonslareunion.com/>, visité le 04/08/2013]

⁵⁸ [<http://www.mcxapc.org/>, visité le 04/08/2013]

⁵⁹ [<http://www.arsindustrialis.org/>, visité le 04/08/2013]

Sud Ouest de l'Océan Indien, la gestion des signes des spécialistes est au cœur de la conception de nouveaux e-services utilisant ces critères :

- **L'ouverture (open)** est caractérisée par l'interopérabilité des bases de données publiques suite à la mise en œuvre de la directive INSPIRE⁶⁰ européenne. Nos projets ETIC et NEXTIC ont appliqué cette philosophie d'ouverture avec les **Web Services** [Conruyt *et al.*, 2009] [Conruyt *et al.*, 2010b]. Quant à E-guitare⁶¹, le projet donne accès à des contenus variés qui explicitent les savoir-faire des spécialistes sous forme de conseils pédagogiques, et qui invitent à l'action pour apprendre. Notre méthode de co-design a si bien fonctionné que l'interface a été reprise par une société américaine⁶² pour développer le même service quatre ans plus tard sur tablette avec des musiciens de renom.
- **L'intelligence (smart)** est symbolisée par la capacité de notre outil IKBS à permettre de formaliser des ontologies et des descriptions qui correspondent aux usages des spécialistes en Sciences de la Vie. Dans nos applications sur les coraux des Mascareignes, nous avons pratiqué le **Web sémantique** avec une réponse technologique intitulée CoDesc. Néanmoins, le facteur limitant pour développer de telles bases de connaissances est de pouvoir travailler directement avec un expert pour le former à l'usage de l'outil, lui expliquer la méthode d'acquisition et de traitement des connaissances, ce que l'on a nommé le savoir utiliser. Il faut l'assister dans la tâche d'illustration des objets afin que les questionnaires deviennent de véritables guides d'observation pour les autres usagers qui cherchent à identifier les noms des coraux. Ces spécialistes n'ont souvent pas les connaissances informatiques nécessaires pour pouvoir manipuler l'ordinateur. Il est donc vital d'assigner une personne comme ressource pour obtenir un résultat de valorisation démonstratif et convaincant. L'intelligence est aussi à ce prix, c'est-à-dire savoir accompagner les usagers dans l'apprentissage des outils qu'on leur propose.
- **L'inclusion (inclusive)** représente la communauté des utilisateurs qui souhaitent participer au projet en tant que citoyens. Cette dimension du **Web social** n'a pas été véritablement testée dans nos projets. Elle représente la dimension collective du travail à accomplir dans les sciences participatives qui fera l'objet d'une proposition de thèse (SoLoMoCo) suite au projet FP7 ViBRANT⁶³ (Virtual Biodiversity Research and Access Network for Taxonomy) dans lequel nous participons. La difficulté réside dans l'implication des usagers dans la co-construction des e-services qui leur conviennent. Une réponse est d'amener un **animateur de communauté** qui sache faire la médiation et faciliter la communication entre les participants au projet.

A ces trois piliers d'une politique européenne soucieuse de développer l'innovation sous toutes ses formes (technologique, sociale, organisationnelle, etc.), il nous semble manquer une quatrième dimension qui est en fait la première à mettre en œuvre :

- **L'envie (désirable)** est ce qui motive les personnes à vouloir s'engager dans le processus d'innovation. Le désir est ce qui fonde l'individu pour agir dans un certain sens (direction). C'est le processus psychologique (volition) qui est ancré chez tous les êtres vivants qui ont leur propre milieu (umwelt) pour rechercher de l'information. Sans cette dimension du désir, tout le reste ne sert à rien ! Or qu'est-ce qui est désirable aujourd'hui pour les jeunes générations ? Il nous semble que le **Web immersif** serait un critère d'élection pour s'engager avec eux dans le Web du futur que nous avons qualifié de sémiotique. Les jeux sérieux (Game-based learning) permettent de mettre en œuvre le savoir observer et le savoir jouer pour apprendre de manière ludique.

⁶⁰ [http://inspire.jrc.ec.europa.eu/, visité le 06/08/2013]

⁶¹ [http://e-guitare.univ-reunion.fr/, visité le 04/08/2013]

⁶² [http://ontheapp.com/?page_id=7, visité le 06/08/2013]

⁶³ [http://www.vibrant.eu, visité le 06/08/2013]

La figure 38 montre l'ensemble des termes employés dans cette HDR pour les repositionner autour du tétraèdre sémiotique dans le futur projet en é-co-innovation pour préfigurer RunLLab.

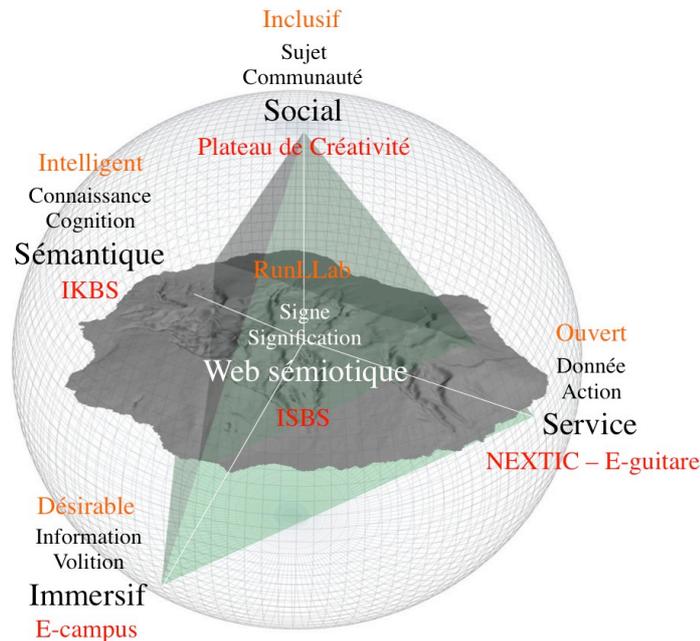


Figure 38. Notre proposition de Recherche, Développement et Innovation pour H2020

Il est à noter que chaque thèse encadrée s'inscrit principalement dans l'une de ces dimensions. La thèse de David Grosser est positionnée au niveau du Web sémiotique avec IKBS. La thèse d'Olivier Sébastien s'est consacrée à la gestion des contenus et savoir-faire à la guitare avec des nouveaux services Off/line et On/line en e-learning instrumental. La thèse de Didier Sébastien a exploré les représentations immersives des données pour la gestion de la biodiversité. La thèse de Véronique Sébastien aborde une plateforme communautaire qui préfigure ce que sera la plateforme ISBS pour la gestion des signes. En effet, @-MUSE est une plateforme à la fois immersive sur tablette, qui modélise des performances dans une ontologie, et annote celles-ci à partir de contenus sur le piano. Voici deux idées de projets dérivés de @-MUSE utilisant la gestion des signes avec ISBS :

Savoir-observer : dans l'é-co-tourisme, le problème est de mettre en relation les différents acteurs de l'écologie et de l'économie du tourisme via les TIC. On propose de bâtir une plateforme virtuelle de médiation entre les éco-acteurs de la gestion de la biodiversité, ceux du développement touristique, et les usagers voyageurs. La plateforme sera conçue dans le but de partager des interprétations lors des balades dans les sentiers, en utilisant la vidéo 360 pour accéder à des informations sur les espèces présentes, faire des jeux d'identification, l'idée étant que l'on ne protège bien que ce que l'on connaît et apprécie.

Savoir-jouer : Pour l'apprentissage instrumental, la démarche est de mettre à disposition des musiciens amateurs et professionnels dans les écoles de musique une plateforme collaborative de partage des signes musicaux avec des partitions XML annotées par de la vidéo. Ces dernières illustrent des portions d'une pièce (la note, le passage délicat, etc.) avec les techniques de doigté au piano et à la guitare, afin de pouvoir reproduire correctement les gestes et d'obtenir le bon son, le bon rythme, la bonne harmonie. Pour une réelle immersion dans l'apprentissage instrumental, il restera à pouvoir se mettre « dans les yeux du professeur » pour pouvoir reproduire les gestes en position subjective.

H2020 est une chance pour pouvoir s'ouvrir aux mondes via les TIC. Nous souhaitons y contribuer par notre démarche sur le Web sémiotique, afin que cette île porte bien son nom : La Réunion, dont l'objectif est de relier les gens et les cultures dans un projet de société motivant pour son avenir.

CONCLUSION

Dans ce chapitre synthétique, je reprends les avancées de nos travaux de recherche au sein de l'équipe IC-IHM que j'ai animée pendant plus de dix-huit ans, tout d'abord en présentant les acquis méthodologiques et les applications dérivées, puis en donnant les perspectives que je souhaiterais mener pour la gestion des signes à l'île de La Réunion.

Acquis

Dans le contexte du développement durable des îles de l'Océan Indien, et plus spécifiquement à La Réunion, la gestion des données et des connaissances des spécialistes de la diversité, qu'elle soit biologique ou culturelle, est au cœur de la mise en place de nouveaux Services TIC de Gestion des Informations sur le Web pour la sauvegarde d'un patrimoine commun. Ces e-services sont orientés sur les usages, et prennent le relais des Systèmes d'Information traditionnels orientés sur les métiers. En effet, depuis l'avènement du Web 2.0, une nouvelle forme de gestion des connaissances met l'accent sur la gestion des utilisateurs finaux, personnes ou sujets, plutôt que sur la gestion des documents ou objets, en souhaitant donner du sens aux informations pour tous les usagers agissant au sein de communautés. On passe ainsi d'une problématique de représentation des objets de la connaissance par l'écrit structuré et codifié dans des machines, à leur signification pour des humains par le multimédia annoté à ces écrits. On passe des savoirs ontologiques à modéliser en machine via le Web sémantique, à des interprétations et des savoir-faire de ces objets pour les sujets qu'il s'agit de montrer pour se faire comprendre. Le succès des outils et des applications auprès des usagers dépend de la bonne combinaison de ces deux dimensions du Web, celui de la représentation et celui de la signification. Le Web sémiotique met plus l'accent sur cette signification humaine par la gestion des signes qui inclut la gestion des connaissances, que sur la représentation de ces connaissances en machine. Cela correspond à une vision éthique d'un modèle de gestion plus centré sur l'humain qui rejoint la stratégie Horizon 2020 de l'UE (ouvert, smart, inclusif).

L'innovation consiste donc à s'intéresser d'abord aux personnes ciblées du point de vue du contenu, de la relation et du sens pour leur rendre service (partage des signes), plutôt que d'un point de vue purement technique, conceptuel et hiérarchique pour ce qu'ils représentent d'utile à la mise en place du système (transmission des connaissances). On passe d'une vision positiviste où les objets sont donnés par l'environnement puis analysés par les outils de fouille de données, de classification (construction de classes), à une vision constructiviste où les objets sont construits par les sujets de manière itérative pour leur donner du sens (signification = construction du signe). On constate en effet sur le terrain de l'expérimentation que la raison pure ne suffit plus pour que les outils deviennent des instruments réellement utilisés; il faut y associer le désir des individus (experts et amateurs) de contribuer en équipe aux innovations, ce qui veut dire en cultivant leurs volontés de bien faire (leurs motivations sur la durée du projet), leurs compétences métiers et la confiance générée par le bon usage des objets métier. Cette vision psycho-logique de l'innovation sociale ascendante doit donc se traduire par la mise en place d'un lieu de rencontre au Parc Technologique de la Technopole nord de La Réunion (TECHNOR) appelé Plateau de créativité, pour fédérer les compétences transverses autour des usagers afin de co-crée, expérimenter, tester de nouveaux produits, services et usages.

Ces lieux de rencontre entre les métiers et les usages sont des instances de Living Labs pour le co-design des services significatifs avec les gens. En 2011, nous avons fait labelliser un Living Lab en Teaching et Learning à l'Université de La Réunion par le Réseau Européen des Living Labs (ENoLL), suite à la réalisation de plusieurs projets conduisant à ce type de recherche et d'innovation par les usages des TIC.

En effet, différents programmes et projets ont été menés entre 2003 et 2011 soutenus par les fonds FEDER TIC. Par exemple, NEXTIC (2009-2011) a permis d'instancier le Plateau de Créativité au sein

du LIM (salle projet) pour élaborer de manière itérative avec les usagers biologistes des modules interopérables (Web Services) d'aide à la gestion de la biodiversité (annuaire, documents multimédia, cartographie, systématique, thésaurus). Nous avons utilisé les données de l'Herbier de La Réunion qui est en collection à l'UR (13 000 planches) pour l'expérimentation des Services Web. Auparavant, le programme ETIC s'intéressait à la gestion de l'environnement tropical insulaire via les TIC. Il mettait en œuvre une démarche d'innovation scientifique centrée sur la gestion de l'information des milieux naturels tropicaux, terrestres et marins. Les quatorze projets menés par des chercheurs ont pu évoluer entre 2003 et 2007 à différents stades de maquettes et prototypes selon une démarche centrée utilisateurs (User-Centred Design).

Le même principe constructiviste a été appliqué en ce qui concerne l'apprentissage de savoir-faire artistiques comme la musique instrumentale, en promouvant la diversité du patrimoine réunionnais au sein de communautés de pratique. Les projets E-guitare (2004-2007) et E-piano (2010-2013) ont donné lieu à deux thèses et deux services innovants sur DVD (Off/line) et sur tablette (On/Line). Quant au projet E-campus, il a permis de tester en grandeur réelle l'usage d'un moteur de Jeux Massivement Multi-Joueurs pour l'accès aux informations de l'Université de La Réunion entre 2007 et 2009, avec une autre thèse soutenue en 2010 sur la thématique du Web immersif.

Ces prototypes réellement utilisés s'insèrent dans la chaîne de l'innovation allant de l'idée au produit/service, en venant se positionner en amont de l'incubateur pour la création d'entreprises innovantes en TIC. Nous marquons ainsi notre volonté que les projets soutenus puissent trouver leur marché en conduisant la valorisation de la recherche avec des entrepreneurs et des usagers pilotes (lead users). Nous sommes ainsi positionnés sur une niche, la gestion du patrimoine naturel et culturel, à la fois en recherche et innovation en Région Ultra Périphérique de l'Europe, avec nos spécificités que l'on cherchera à exporter hors de notre territoire. La méthodologie de gestion des signes sur un Plateau de créativité que nous avons conçue trouve d'autres applications de e-services dans des domaines que nous allons investir : éco-tourisme, gestion des risques, santé et bien-être, etc.. Le Plateau de Créativité ou de co-design permettra la rencontre physique des usagers avec les entrepreneurs et les chercheurs (experts du domaine, sociologues, économistes, juristes, ergonomes, ingénieurs, informaticiens, infographistes, etc.).

Perspectives

Demain, dans un monde en crise où les moyens se font rares, il va falloir que la recherche descende dans la rue comme le préconise la démarche d'innovation ouverte, intelligente, inclusive développée par notre Living Lab. Il s'agit de remettre l'utilisateur au cœur des technologies. Pour cela, il faut que la recherche aille vers les usagers du territoire par un effort :

1. De gestion sur les informations à partager (données et connaissances),
2. D'attractivité pour pouvoir y accéder,
3. De pédagogie pour que les utilisateurs finaux puissent mieux les comprendre, et
4. De communication pour faire-savoir notre savoir-faire.

À ces quatre composantes correspondent quatre technologies que l'équipe IC-IHM maîtrise :

1. Les *Web Services* gèrent les échanges des informations entre applications distantes,
2. Le *Web Immersif* permet l'accès à ces informations de manière ludique, ce qui correspond aux pratiques actuelles des jeunes qui naviguent dans les mondes virtuels (jeux vidéo),
3. Le *Web Sémantique* donne du sens commun (consensus) à ces informations circulantes provenant de spécialistes et d'amateurs, et enfin
4. Le *Web social* génère des plateformes d'échanges entre individus qui souhaitent négocier leurs compétences au sein de communautés de pratique.

Dans le Web immersif, les jeux sérieux sont un thème de recherche transversal très important pour notre équipe qui a proposé PAC3D (Programme d'Accès aux Contenus en 3D) avec le projet e-Campus. Ce projet a généré une demande de plate-forme Web ubiquitaire et immersive avec l'arrivée des mobiles (smartphones et tablettes) sur le nouveau marché de la mobiquité. Le projet WISDOM (Wide Immersive Solution for Data Object Model) a ainsi été déposé en 2011 en partenariat public-privé pour mener des expérimentations IHM en Game-based Learning, afin d'accéder à des informations en étant à la fois immergé dans le virtuel (Metaverse) et le réel (Internet des Objets). Ce projet n'a pas pu démarrer pour des raisons politiques indépendantes de notre volonté, mais le projet conserve toute sa légitimité pour pouvoir développer des applications e-co-touristiques par exemple.

Comment faire passer les usagers de consommateurs de l'information, à des participants actifs, voire des cré-acteurs du développement durable. C'est l'un des défis posé par l'utilisation des TIC sur de tels projets à La Réunion. Des outils de gestion collective d'un patrimoine commun sont donc un enjeu pour notre équipe, en s'appuyant sur le *Web Sémiotique*, combinant les technologies du Web Service Social Sémantique Immersif. Notre équipe IC-IHM possède ces compétences techniques et méthodologiques pour y parvenir.

Mais pour y arriver, elle doit aussi travailler transversalement avec tous les acteurs qui veulent mettre en œuvre ce développement durable au sein de communautés à l'extérieur du LIM. Cela commence au Parc Technologique Universitaire (PTU) avec les anthropologues du LCF qui analysent les usages des TIC, les professionnels de l'audiovisuel à la DSIUN qui exploitent le Plateau de production multimédia, les futurs ingénieurs de l'ESIROI, puis à la Technopole avec les associations promouvant le cinéma telles que l'Agence Film Réunion (AFR) ou les TIC (ARTIC), puis à La Réunion avec les organismes de formation sur l'infographie 3D et le multimédia (ILOI), et les entrepreneurs indépendants. Le plateau de créativité au sein de notre Living Lab en Teaching et learning (UR.LL.TL) est l'objectif principal visé par notre équipe pour pouvoir faire se réunir les personnes qui désirent co-crée et mettre en œuvre les e-services qui comptent pour faire rayonner La Réunion hors de son territoire.

Aux plans national et international, nous gardons des contacts privilégiés avec le Laboratoire d'Informatique et de Systématique (LIS) de Paris VI pour participer à des projets européens en Biodiversity Informatics sur la gestion des données de la biodiversité avec une plateforme intégrée open-source (Scratchpads), et l'identification des espèces avec des bases de connaissances Xper2 [Vignes-Lebbe, 2000] connectées à la plateforme. Ainsi, nous contribuons jusqu'en novembre 2013 au sein du projet FP7 ViBRANT à l'inter-opérabilité des données et des connaissances sur la biodiversité. Avec Sony CSL Paris, nous envisageons des projets de recherche plus avancés sur le e-learning instrumental. En effet, une difficulté supplémentaire a été posée par l'usage du multimédia dans E-guitare et E-piano, celle de l'indexation intelligente de documents multimédia. Cette problématique dépasse la thématique purement musicale pour toucher tout type de communication utilisant la vidéo.

Nous faisons le pari qu'avec la 3D temps réel, le format HD, la réalité augmentée et les mobiles, la structuration d'un tel contenu audio-visuel par des mots-clés (tags) dans des ontologies, avec des commentaires annotés pour la compréhension, sera grandement sollicitée dans le domaine de l'éducation : on parle de multimédia riche ou transmédia. Avec notre plateau de captation multimédia situé au Parc Technologique et notre plateau de créativité, on pourrait stocker ces descriptions filmées et les présenter comme des cas structurés dans notre plate-forme IKBS pour expérimenter leur usage.

Par exemple, on peut faire l'analogie entre un spécimen de corail décrit textuellement par un expert, avec une pièce de guitare interprétée par un professeur. Il s'agirait ensuite de concevoir l'outil ISBS (Iterative Sign Base System) permettant de comparer des interprétations biologiques ou musicales, dont le modèle descriptif correspond à la description XML du spécimen ou de la partition. En apprentissage musical, un autre aspect nous a paru fondamental pour apprendre de manière intuitive un instrument, c'est la vue objective du professeur en train de jouer. Pour le piano ou la guitare, le seul moyen de l'obtenir est de créer un avatar en vidéo de synthèse, avec focalisation plus précise sur les mains. Cela pourrait se faire à l'aide d'un mini cyberdôme installé dans le plateau multimédia, comme

celui que l'on trouve à l'ILOI, et qui reproduit en temps réel les images 3D de l'interprète. Ensuite, il s'agira de constituer une banque d'images des positions des mains (droite et gauche) pour pouvoir proposer un logiciel de création de vidéos qui exécutent la description XML des partitions de musique qui lui sont données en entrée. Ces deux propositions de recherche en indexation structurée de vidéos et en génération automatique d'interprétation instrumentale sont des projets de e-learning instrumental qui seront proposés pour être développés sur le plateau de production multimédia dès la fin du travail de thèse de Véronique Sébastien.

Afin de véritablement parler de développement durable à La Réunion sur les thèmes de la diversité (qu'elle soit biologique ou culturelle), il faut s'en donner les moyens par un investissement durable dans la créativité et la recherche « pays ». Innover consiste à sortir du cadre formel technique mathématique et informatique pour s'intéresser aux usages des services que l'on désire co-construire avec les usagers via les TIC. Ce n'est qu'ainsi que l'on pourra anticiper l'avenir du Web à La Réunion, en travaillant sur les spécificités régionales avec les talents locaux, et en donnant des sujets de recherche appliqués et mobilisateurs pour nos étudiants. Nous souhaitons que notre Living lab UR.LL.TL puisse servir de facteur d'attractivité sur ces niches écologiques éducatives que nous souhaitons développer dans le secteur des TIC.

REFERENCES

- Ackermann E. K. (2004). *Constructing Knowledge and Transforming the World, A Learning Zone of One's Own*, M. Tokoro and L. Steels (Eds.), IOS Press.
- Anceau F. (1999). *Vers une étude objective de la conscience*, Hermes Science Publications (Eds), 159 pages.
- Andro T., Chauvet J.M. (1998). *Objets métier*. Editions Eyrolles, 231 pages.
- Arino M. (2008). *La subjectivité du chercheur en sciences humaines*, L'Harmattan.
- Bachimont B. (2004). *Arts et Sciences du numérique : ingénierie des connaissances et critique de la raison computationnelle*, Habilitation à diriger des recherches, Université de Technologie de Compiègne.
- Bachimont B. (2010). *Le sens de la technique : le numérique et le calcul*, Les Belles Lettres (Eds).
- Barbieri M. (2007). *Introduction to Biosemiotics. The new biological synthesis*. Springer.
- BC₂M (2008). *Bases de connaissances sur les coraux des Mascareignes : grâce aux TIC, mieux connaître la biodiversité pour mieux la préserver*", LIM-IREMIA-ICIHM, Université de La Réunion.
- Berners-Lee T. (2001). *"The Semantic Web"*. Scientific American.
- Bevan N. (1999). *Quality in use: meeting user needs for quality* In: *Journal of Systems and Software*, 49(1), p. 89-96.
- Blancard D., Bonnet A., Coleno A. (1985). "TOM, un système expert en maladies des tomates", *PHM & Revue horticole*, n° 261, pp. 7-14.
- Bonnet A. (1984). "L'intelligence artificielle : promesses et réalités", InterEditions, Paris.
- Bourgine R. (1987). "L'expérimentation sociale de systèmes experts en pathologie végétale et accidents culturaux", rapport technique, INRA Versailles.
- Bourguin G. (2000). *Un support informatique à l'activité coopérative fondé sur la Théorie de l'Activité: le projet DARE*, thèse en informatique, Université de Lille I.
- Brangier E., Barcenilla J. (2003). *Concevoir un produit facile à utiliser : Adapter les technologies à l'homme*. Paris: Editions d'Organisation.
- Canguilhem G. (1965). *La connaissance de la vie*, Vrin.
- Changeux J. P. (1983). *L'Homme neuronal*, Fayard (eds), Paris.

Cochet L. (2012). *Nouvel Environnement et Technologies de l'Information et de la Communication, Rapport d'activités du projet NEXTIC, LIM-IREMIA-ICIHM et UMR PVBMT, Université de La Réunion.*

Conruyt N., Piaton C. (1987). “Acquisition de connaissances descriptives dans le domaine de la pathologie végétale”, mémoire de fin d'étude ISARA-INRA-COGNITECH, Lyon.

Conruyt N. (1994). *Amélioration de la robustesse des systèmes d'aide à la description, à la classification et à la détermination des objets biologiques.* Thèse de doctorat, Université Paris-IX Dauphine.

Conruyt N., Grosser D., Faure G. (1997). “Ingénierie des connaissances en Sciences de la vie: application à la systématique des coraux des Mascareignes”, Journées Ingénierie des Connaissances et Apprentissage Automatique (JICAA'97), pp. 539-566, Roscoff.
<http://etic.univ-reunion.fr/ikbs/publications/JICAA97/JICAA97.html>

Conruyt N., Courdier R., Lun-Kwok-Sui T. (2002a). “Technologie de l'information et de la communication pour la valorisation et la diffusion des résultats de la recherche : le cas du Programme Pluri-Formations Mer”, *Journal de la Nature*, Tome 14, N° 1, Editions Bourbon Sciences, pp. 71-77.
http://lim.univ-reunion.fr/staff/courdier/pdfs/revue_Nature2002.pdf

Conruyt N., Geynet Y., Grosser D., Santally M., Senteni A., Sonah D. (2002b). “The IKBS-Darwin research et learning system for sharing biodiversity knowledge of Tropical Islands”, Proceedings of the International Conference on Computers in Education, Auckland, pp. 760-764.
<http://etic.univ-reunion.fr/ikbs/publications/ICCE/ICCE02.html>

Conruyt N., Grosser D. (2003). “Knowledge engineering in environmental sciences with IKBS”, AI Communications, The European Journal on Artificial Intelligence, 16(3), ISSN 0921-7126, IOS Press.
<http://iospress.metapress.com/content/ur2p2y04hjawnhd0/>

Conruyt N., Grosser D., Geynet Y., Faure G., Pichon M., Trentin F., Gravier-Bonnet N., Chabanet P., Senteni A., Torrens V. (2004). “Virtual Research and Learning Community: Co-design of knowledge bases in marine biology, applied to corals of the Mascarene Archipelago and to fishes and hydroids of Reunion coral reefs”, Proceedings of the 10th International Coral Reef Symposium, Okinawa, Japan.
<http://sites.google.com/site/noelconruyt/Home/publications>

Conruyt N., Sébastien O., Conruyt P. (2005). “Une approche pour la définition de e-services à partir d'un Plateau de Créativité. Application à la valorisation de la recherche et à la e-formation”, Innovative Learning and Knowledge Communities, Les communautés virtuelles : apprendre, innover et travailler ensemble, Ed by : A. Senteni et A. Taurisson, pp. 53-77, Cathay Printing Ltd (Eds).
<http://sites.google.com/site/noelconruyt/Home/publications>

Conruyt N. (2007). “Incubation du projet e-guitare”, aide à la création d'entreprises de technologies innovantes, projet en émergence, Incubateur régional de La Réunion, Université de La Réunion.

Conruyt N., Sébastien D., Courdier, R., David, D. Sébastien, N. Ralambondrainy, T. (2009). “Designing an Information System for the preservation of Insular Tropical Environment in Reunion Island. Integration of Databases, Knowledge Bases and Multi-Agent Systems by using Web Services”, Agent Technology Applied to Environmental Issues, Whitstein Series in Software Agent Technologies and Autonomic Computing, Cortés, Ulises; Poch, Manel (Eds.), Birkhäuser.
<http://sites.google.com/site/noelconruyt/Home/publications>

Conruyt N., Sébastien O., Sébastien V., Sébastien D., Grosser D., Calderoni S., Hoarau D., Sida P. (2010a). "From Knowledge to Sign Management on a Creativity Platform, Application to Instrumental E-learning", 4th IEEE International Conference on Digital Ecosystems and Technologies, DEST 2010, April 13-16, Dubaï, UAE.

<http://sites.google.com/site/noelconruyt/Home/publications>

Conruyt N., Sébastien D., Vignes-Lebbe, R., Cosadia, S., Touraivane (2010b) "Moving from Biodiversity Information Systems to Biodiversity Information Services", Information and Communication Technologies for Biodiversity and Agriculture, Ed by : L. Maurer and K. Tochtermann, Shaker Verlag, Aachen.

<http://sites.google.com/site/noelconruyt/Home/publications>

Conruyt N. (2010). "The Reunion Living Lab model: towards Sign Management on a Creativity Platform", 1st European Living Labs Summer School, Collaborative Innovation through Living Labs, August 25-27, Paris, France, 2010.

<http://www.ictusagelab.fr/FranceLivingLabs/fr/fichell/urltl-living-lab-teaching-and-learning-reunion>

Conruyt N. (2011). "Wide Immersive Data Object Model", projet du Living Lab UR.LL.TL pour concevoir une plateforme Web Ubiquitaire et Immersive, LIM-IREMIA, Université de La Réunion.

Conruyt N., Sébastien V., Sébastien O., Grosser D., Sébastien D. (2012). "From Knowledge transmission to Sign sharing: Semiotic Web as a new paradigm for Teaching and Learning in the Future Internet", In 20th European Conference on Artificial Intelligence, 1st International Workshop on Artificial Intelligence for Knowledge Management, AI4KM'2012, ECAI'2012, Montpellier, France.

http://www2.lirmm.fr/ecai2012/images/stories/ecai_doc/pdf/workshop/W22_AI4KM_proceedings.pdf

Conruyt N. (2012). "UR.LL.TL : un exemple de Living Lab pour développer l'é-co-innovation à La Réunion", dossier "IA, Créativité et Innovation", bulletin de l'AFIA, Association Française pour l'Intelligence Artificielle, n° 78, pp. 14-22.

<http://sites.google.com/site/noelconruyt/Home/publications>

Conruyt N. (2013). "E-co-innovation for making e-services: Living Labs as a human-centered digital ecosystem for education with ICT", 7th IEEE International Conference on Digital Ecosystems and Technologies, DEST 2013, July 24-26, Menlo Park, California, USA.

<http://www.youtube.com/watch?v=iCn15ELCm8w>

Conruyt N., Laurent J.M., Colin O. (2013). Convention de partenariat CINOR-UR, Préfiguration d'un Living Lab sur TECHNOR à partir de UR.LL.TL.

Conruyt N., Vigne-Lebbe R. (2013). "SoLoMoCo, l'e-co-tourisme au service de la préservation de la biodiversité", projet de thèse d'une plateforme Web Sociale, Locale, Mobile fondée sur les Connaissances, LIS-UPMC/LIM-UR/MNHN.

Cooper A., Reimann, R. (2003). About Face 2.0: The Essentials of Interaction Design, ISBN: 0-7645-2641-3, Paperback, 576 pages.

BC₂M (2008). "Bases de Connaissances sur les Coraux des Mascareignes : grâce aux TIC, mieux connaître la biodiversité pour mieux la préserver", LIM-IREMIA-ICIHM, Université de La Réunion.

E-campus (2007). Rapport d'activités du Programme d'Accès aux Contenus en 3D, PAC3D, LIM-IREMIA-ICIHM, Université de La Réunion.

Engeström Y. (1987). "Learning by expanding : an activity-theoretical approach to developmental research. Helsinki: Orienta-Konsultit.

<http://communication.ucsd.edu/MCA/Paper/Engestrom/expanding/toc.htm>

EURP (2011). Regional policy for Smart Growth in Europe 2020, European Union Regional Policy, Directorate-General for Regional Policy, European Commission, ISBN: 978-92-79-20332-9, Brussels.

http://ec.europa.eu/regional_policy/information/pdf/brochures/rfec/2011_smart_growth_en.pdf

Euzenat J. (2000). "Towards formal knowledge intelligibility at the semiotic level", in Workshop of Applied Semiotics: Control Problems at ECAI, p. 59–61.

Faure G. (1982). *Recherche sur les peuplements de scléactiniaires des récifs coralliens des Mascareignes*. Thèse es sciences, Université Aix-Marseille II.

Frege G. (1882/1971). *Ecrits logiques et philosophiques*. (C. Imbert. Trad.). Paris : Editions du Seuil. (Edition originale, 1882).

Gandon F. (2008). *Graphes RDF et leur Manipulation pour la Gestion de Connaissances*, Mémoire, d'Habilitation à Diriger des Recherches, INRIA Sophia-Antipolis.

Gibbert M., Leibold M., Probst G. (2002). "Five styles of Customer Knowledge Management, And how smart companies put them into action", *European Management Journal* Vol. 20, No. 5, p. 459–469.

Giono J. (1979). *Voyage en Italie*, collection Folio, Gallimard (Eds).

Grant A. (2013). *Give and Take, A Revolutionary Approach to Success*, Viking (Eds).

Grosser D. (2002). *Construction itérative de bases de connaissances descriptives et classificatoires avec la plate-forme à objets IKBS : application à la systématique des coraux des Mascareignes*, Thèse de doctorat, Université de La Réunion.

Grosser D., Conruyt N., Geynet Y. (2003). Représentation de connaissances descriptives et classificatoires : le modèle CoDesc, *Revue Sciences et Technologies de l'Information, L'Objet*, 9 (1-2): 183-195, Hermès (Eds).

<http://etic.univ-reunion.fr/ikbs/publications/LMO/LMO03a.html>

Grüber T.R. (1993). Toward principles for the design of ontologies used for knowledge sharing. In N. Guarino et R. Poli, éditeurs, *Formal Ontology in Conceptual Analysis and Knowledge Representation*, Deventer, The Netherlands, Kluwer Academic Publishers.

Hippel E. von (2005). *Democratizing Innovation*, Cambridge, MA: MIT Press.

<http://web.mit.edu/evhippel/www/books.htm>

Houdé O. (2008). *La psychologie de l'enfant*, PUF (3^{ème} eds), Paris.

Huemer W. (2013). "Franz Brentano", The Stanford Encyclopedia of Philosophy, Edward N. Zalta (ed.), <http://plato.stanford.edu/archives/fall2013/entries/brentano>

Hume D. ([1748] 1999). *Enquête sur l'entendement humain*, Livre de poche.
http://classiques.uqac.ca/classiques/Hume_david/enquete_entendement_humain/enquete_entendement_hum.html

Johnson L., Adams Becker S., Cummins M., Estrada V., Freeman A., Ludgate H. (2013). *NMC Horizon Report: 2013 Higher Education Edition*. Austin, Texas: The New Media Consortium.
<http://www.nmc.org/publications/2013-horizon-report-higher-ed>

Jouvent R. (2009). *Le cerveau magicien. De la réalité au plaisir psychique*, Odile Jacob (Eds), Paris.

Kia A. (2005). *Etude économique et juridique pour le projet e-guitare*, KLF, New York.

Korzybski A. (1933). *Science and Sanity : An Introduction to Non-aristotelian Systems and General Semantics*, Institute of General Semantics.

Korzybski A. (1998). *Une carte n'est pas le territoire, Prolégomènes aux systèmes non-aristotéliens et à la sémantique générale*, Editions de l'éclat. [<http://www.lyber-eclat.net/lyber/korzybski/carte.html>]

Leont'ev A. N. (1978). *Activity, consciousness, and personality*. Englewood Cliffs: Prentice Hall.

Le Moigne J. L. (2012). *Les épistémologies constructivistes*, PUF (eds), 128 pages.

Le Renard J., Conruyt N. (1994). "On the representation of observational data used for classification and identification of natural objects", IFCS'93, *Lecture Notes in Artificial Intelligence*, Springer-Verlag, pp. 308-315.

Le Renard J., Levi C., Conruyt N, Manago M. (1996). "Sur la représentation et le traitement des connaissances descriptives : une application au domaine des éponges du genre *Hyalonema*", vol. 66 suppl., *Biologie, Recent advances in sponge biodiversity and documentation*, P. Willenz (Ed), *Bulletin de l'Institut Royal des Sciences Naturelles de Belgique*, pp. 37-48.

Maclean P.D., Guyot R. (1990). *Les trois cerveaux de l'homme*, Robert Laffont.

Malhotra Y., Galetta D.F. (2004). "Building Systems That Users Want to Use", *Communications of the ACM*, Volume 47, Number 12.

Mallein P. (1996). *La conception assistée par l'usage*, memento n° 7, *Les techniques du service en ligne : du minitel à Internet*, France Télécom Recherche.

Manago M. (1990). *KATE: A Piece of Computer Aided Knowledge Engineering*. Proc. of the 5th AAAI workshop on KA for knowledge-based systems, Gaines B. & Boose J. eds., Banff, AAAI Press.

Maslow A.H. (1943). *A Theory of Human Motivation*, *Psychological Review* Vol 50, No 4, 1943, p. 370-96.

- Mercier-Laurent E. (2011) Les écosystèmes de l'innovation, éditions Hermes-Lavoisier.
- Morin E. (2008). "La Méthode" (1-6), Seuil, Paris.
- Morris C. W. (1971). Writings on the General Theory of Signs. The Hague: Mouton.
- Musso P. (2005). Place de l'innovation dans la société de l'information, intervention devant la 3^{ème} Université de printemps de la FING, Aix en Provence, juin 2005.
- Nadel J., Decety J. (2002). *Imiter pour découvrir l'humain*. Paris : PUF.
- Napoli A. (1997), Une brève introduction aux logiques terminologiques, Rapport technique 3314, INRIA.
- Nardi B.A. (1996). Context and Consciousness: Activity Theory and Human-Computer Interaction. Cambridge, MA: MIT Press.
- Nifle R. (2004). La mutation. Sens et cohérences d'une ère nouvelle. Le Journal Permanent de l'Humanisme Méthodologique [<http://journal.coherences.com/article34.html>]
- Nonaka, I., Takeuchi, H. (1995). The Knowledge Creating Company Oxford University Press.
- Norman D. A. (1986). Cognitive engineering. Dans D. A. Norman et S. Draper (Éds.), User centered system design : New perspectives on human-computer interaction (pp. 31-62). Hillsdale, NJ : Erlbaum.
- Pachet, F. (2004). Les nouveaux enjeux de la réification, *L'Objet*, 10(4).
- Peirce C. S. (1931). Collected Writings (8 Vols.). (Ed. Charles Hartshorne, Paul Weiss & Arthur W Burks). Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Peirce C. S. (1978). Ecrits sur le signe. (G. Deledalle, Trad.). Paris : Editions du Seuil.
- Perrenoud P. (1997). *Construire des compétences dès l'école*, Paris : ESF.
- Piaget, J. (1969). Psychologie et pédagogie, Paris : Denoël / Gonthier.
- Piaget, J. (1967). Logique et connaissance scientifique [Logic and scientific knowledge]. Dijon, France: Gallimard.
- Pietarinen A. V. (2006). Abductive issues in Peirce's proof of pragmatism", Abduction and the Process of Scientific Discovery, International Meeting, University of Lisboa, May 2006.
- Popper K.R. (1973). La logique de la découverte scientifique. Payot (Eds.) Press, Paris.
- Popper K.R. (1986). La quête inachevée. Autobiographie intellectuelle, Calmann-Lévy (Eds.), Paris.

- Poulain G. (2002). L'innovation par l'usage. In *Actes de la Conférence Ergo'IA*, Biarritz, France.
- Proust J. (2002). Imitation et agentivité, in J. Nadel & J. Decety, *Imiter pour découvrir l'humain*, J. Nadel, J. Decety, P.U.F., 189-216.
- Rabardel P. (1995). *Les hommes et la technologie. Approche cognitive des instruments contemporains*. Paris : Armand Colin, 215 p.
- Reeves H. (1990). *Malicorne*, Paris, Le Seuil.
- Rigoutsos Y.D. (2009). Petites leçons d'épistémologie. Comment penser la science et la connaissance ?, Vuibert (Eds).
- Saussure F. de ([1916] 1983). *Course in General Linguistics* (trans. Roy Harris). London: Duckworth.
- Sébastien D., Sébastien O., Conruyt N. (2008a). "e-Campus: a MMORPG providing e-Services to campus users", *Int. Journal of Intelligent Games & Simulation, IJIGS*, Ed. by: Q. H. Mehdi, Stephane Natkin and Ian Marshall, pp 16-21, ISSN 1477-2043, web-based publication of the University of Wolverhampton UK in association with The Society for Modelling and Simulation – Europe.
<http://www3.wlv.ac.uk/ijigs/Vol5/Num1/Abstracts.aspx>
- Sébastien D. (2010). *Contribution à la génération de représentations immersives des données de Systèmes d'Information sur la Biodiversité*, Thèse de doctorat, Université de La Réunion.
- Sébastien O., Conruyt N., Calderoni S. (2007). "Enhancing Music Learning Experience through a Dedicated Web 2.0 Oriented Service", *Proceedings of I-media'2007 and I-semantics'2007*, J.UCS, Sept. 5-7, Graz, Austria,
- Sébastien O., Conruyt N., Grosser D. (2008b). "Defining e-services using a co-design platform: Example in the domain of instrumental e-learning", *Journal of Interactive Technology and Smart Education, ITSE*, Vol. 5, issue 3, pp. 144-156, ISSN 1741-5659, Emerald Group Publishing Limited.
- Sébastien O. (2009). *Gestion des savoir-faire par les systèmes d'Information : une application à l'apprentissage instrumental*, Thèse de doctorat, Université de La Réunion.
- Sébastien V., Sébastien P., Conruyt N. (2012a). "@-MUSE: Sharing Musical Know-how Through Mobile Devices Interfaces", *5th Conference on e-Learning Excellence in the Middle East*, Dubai, UAE.
- Sébastien V. (2013). *De la Gestion des Connaissances à la Gestion des Signes : Application à la Transmission des Savoir-faire Musicaux*, Thèse de doctorat, Université de La Réunion.
- Sebeok T. A. (1975). The semiotic web: A chronicle of prejudices. *Bulletin of Literary Semiotics* 2: 1–63.
- Sebeok T.A., Umiker-Sebeok J. (eds.) (1986). *Biosemiotics: The Semiotic Web 1986*. Berlin: Mouton de Gruyter.
- Sfez L. (2002). *Technique et Idéologie - Un enjeu de pouvoir*, Seuil, Paris.

Shapiro J. A. (2007). Bacteria are small but not stupid: cognition, natural genetic engineering and socio-bacteriology, *Studies in History and Philosophy of Biological and Biomedical Sciences*, Vol 38, p. 807–819. [<http://shapiro.bsd.uchicago.edu/bacteria.html>]

Shirky C. (2005). *Ontology is Overrated: Categories, Links, and Tags* : http://www.shirky.com/writings/ontology_overrated.html

Siegler R. S. (2001). *Enfant et raisonnement, développement cognitif de l'enfant*, De Boeck (eds), Bruxelles.

Simon J., Gérard J. P., Thevenin C. (2008). Dossiers partagés par les stagiaires avec ou sans formateur à l'IUFM de La Réunion : *Analyses des traces*, STICEF, Vol. 15, pp. 59-88.

Soudoplatoff, S. (2006). *Le codesign comme nouvelle approche de la relation client à l'ère du Web 2.0*, Almatropie. [http://www.soudoplatoff.com/txt/codesign_SvS.pdf]

Suchman L.A. (1987). *Plans and situated actions*. Cambridge: Cambridge University Press.

Tapscott D., Williams A. D. (2006). *Wikinomics : how mass collaboration changes everything*, Portfolio.

Uexküll J. von (1926). *Theoretical Biology*. (Transl. by D. L. MacKinnon. International Library of Psychology, Philosophy and Scientific Method.) London: Kegan Paul, Trench, Trubner & Co. xvi+362.

Uexküll J. von (1934, trad. française 1956). *Mondes animaux et monde humain suivi de La théorie de la signification*, éditions Gonthier, 167 p.

Ung V., Dubus G., Zaragueta-Bagils R., Vignes-Lebbe, R. (2010). Xper2: introducing e-taxonomy, *Bioinformatics*, 26 (5): 703-704. [<http://lis-upmc.snv.jussieu.fr/lis/?q=en/resources/software/xper2>]

Varela F., Rosch E., Thompson E. (1993). *L'inscription corporelle de l'esprit*, Seuil.

Vignes-Lebbe R. (2000). *Informatique et Systématique : vers une ontologie de la systématique*, Habilitation à Diriger des Recherches, Université de Paris VI.

Vygotsky L. (1978). *Mind in society : the development of higher mental processes*, Cambridge, MA: Harvard University Press.

Vygotski L. (1997). *Pensée et Langage*, éditions La Dispute.

Welby V. (1903). *What Is Meaning? Studies in the Development of Significance*. John Benjamins.