

BULLETIN

DE

L'AFIA



OCTOBRE 2012

N° 78

Association Française pour l'Intelligence Artificielle

Présentation du bulletin

Le Bulletin de l'Association Française pour l'Intelligence Artificielle vise à fournir un cadre de discussions et d'échanges au sein de la communauté universitaire et industrielle. Ainsi, toutes les contributions, pour peu qu'elles aient un intérêt général pour l'ensemble des lecteurs, sont les bienvenues. En particulier, les annonces, les comptes rendus de conférences, les notes de lecture et les articles de débat sont très recherchés. Le Bulletin de l'AFIA publie également des dossiers plus substantiels sur différents thèmes liés à l'IA. Le comité de rédaction se réserve le droit de ne pas publier des contributions qu'il jugerait contraire à l'esprit du bulletin ou à sa politique éditoriale. En outre, les articles signés, de même que les contributions aux débats, reflètent le point de vue de leurs auteurs et n'engagent qu'eux-mêmes.

Pour contacter l'AFIA

Président

Yves DEMAZEAU

L.I.G./C.N.R.S., Maison Jean Kuntzmann, 110, avenue de la Chimie, B.P. 53, 38041 Grenoble cedex 9

Tel : +33 (0)4 76 51 46 43

Fax : +33 (0)4 76 51 49 85

Yves.Demazeau@imag.fr

<http://membres-lig.imag.fr/demazeau>

Serveur WEB

<http://www.afia.asso.fr>

Adhésions, liens avec les adhérents

Thomas GUYET

Laboratoire Informatique d'Agrocampus-Ouest

65, rue de Saint-Brieuc

35042 Rennes cedex

Mél. : tresorier@afia.asso.fr

Membres d'honneur

Marie-Odile Cordier (1999), Jean-Paul Haton (1999), Jacques Pitrat (1999), Jean-Marc David (2000), Daniel Kayser (2000), Claude Vogel (2000), Henri Farreny (2001), Alain Colmerauer (2002), Jean-Louis Laurière (2002), Gérard Sabah (2003), Jean-Claude Latombe (2004), Yves Kodratoff (2004), Malik Ghallab (2005), Marie-Christine Rousset (2005), Christian Bessière (2006), Luis Farinas del Cerro (2006), Pierre Marquis (2009), Jérôme Lang (2009), Michèle Sebag (2010), Jean-Gabriel Ganascia (2010), Serge Dupuy (2011).

Personnes morales adhérentes à l'AFIA

ENSMSE, Université Paris Dauphine, LORIA, LIRIS, LIMSI, IRIT/SMAC, EDF/STEP, LIPADE, IFFSTAR, LIRMM, TAO, LIFL, GREYC, LIG, ONERA, IRSTEA-TETIS, INRA, LITIS

Conseil d'Administration de l'AFIA

Yves DEMAZEAU, président

Jean-Denis MULLER, vice-président

Olivier BOISSIER, secrétaire

Catherine TESSIER, secrétaire adjoint

Thomas GUYET, trésorier

Patrick REIGNIER, webmestre

Amélie CORDIER, webmestre adjoint

Membres :

Patrick ALBERT, Christine BOURJOT, Serge GARLATTI, Vincent LEMAIRE, Nicolas MAUDET, Philippe MORIGNOT, Gérald PETIT-JEAN, Jean ROHMER, Dominique SCIAMMA, Laurent VERCOUTER, Pierre ZWEIGENBAUM.

Comité de Rédaction

Laurence Capus

Rubrique « I.A. au Québec »

Dept. d'Informatique et de Génie Logiciel
Université Laval, Québec, Canada

laurence.capus@ift.ulaval.ca

Nicolas Maudet

Rubrique « I.A. sur les blogs »

LIP6, Université Pierre et Marie Curie

4, place Jussieu, 75005 Paris

maudetn@lip6.fr

Philippe Morignot

Rédacteur en chef

IMARA, INRIA Rocquencourt

Domaine de Voluceau, B.P.105, 78150 Le Chesnay

pmorignot@yahoo.fr

Patrick Reignier

Rubrique « Résumés de thèse et HDR »

PRIMA, INRIA Rhône-Alpes

655, avenue de l'Europe, 38334 Saint-Ismier cedex

Patrick.Reignier@inrialpes.fr

Laurent Vercouter

Rédacteur en chef adjoint

LITIS, INSA de Rouen

avenue de l'université, BP8 76801 St-Étienne-du-Rouvray

laurent.vercouter@insa-rouen.fr



Dossier créativité et innovation

Comment décrire, modéliser et utiliser informatiquement une notion humaine aussi subtile et fondamentale que la créativité? C'est à cette notion qu'est consacré le dossier du présent numéro du bulletin, préparé par Eunika Mercier-Laurent (IAE Lyon).

Marie-Odile Cordier (IRISA Rennes) nous propose un compte-rendu de la conférence ECAI'12, tenue à Lyon l'été dernier. Carole Adam (LIG, Grenoble) nous offre un compte-rendu également de l'atelier Affect, Compagnon Artificiel, Interaction, qui a eu lieu à Grenoble en novembre dernier.

Nos lecteurs retrouveront également dans ce numéro les rubriques habituelles des bulletins : Laurence Capus (université de Laval) nous offre des nouvelles de l'I.A. au Québec, avec principalement deux nouveaux contributeurs.

Et Patrick Reignier (INRIA Rhône-Alpes) nous a préparé une compilation des soutenances de thèse et d'HDR dans notre domaine.

Bonne lecture à tous!

<http://www.afia.asso.fr>

Philippe Morignot & Laurent Vercouter
Rédacteurs en chef

Créer le futur ?

L'année 2009 a été déclarée par la Commission Européenne l'année de la créativité et de l'innovation (<http://create2009.europa.eu>). Le Manifeste édité à cette occasion souligne l'ambition de l'Europe à devenir plus créative, innovante et apprendre à transformer les idées en valeurs :

“Être créatif, c'est imaginer quelque chose d'inédit et rechercher des solutions et des formes neuves. Être innovant, c'est introduire des changements dans la société et l'économie. Les activités de création transforment les idées en valeurs et jettent un pont entre créativité et innovation.”

On observe déjà un accroissement d'intérêt pour les technologies au service de la créativité notamment dans l'appel à projets ICT-WP2013¹. Le *Challenge 8 : ICT for creativity and learning* vise à réunir les industries créatives et la recherche afin de produire des outils plus puissants et interactifs capables de renforcer la créativité dans différents métiers, les aider à anticiper les tendances en encourageant l'interaction entre les différents segments des industries créatives.

“ICT” qui peut être également traduit par “Intelligent and Creative Technology”, devrait intégrer les méthodes et les techniques de l'intelligence artificielle. La créativité

fait partie de ces champs d'intérêt. L'intelligence artificielle a inspiré et parfois accéléré ou diversifié la créativité artistique, comme le cinéma, la peinture, la musique ou les jeux vidéo. Elle a sa contribution dans le renouveau du cinéma via le lien Silicon-Valley-Hollywood.

En France plusieurs équipes de recherche explorent les différents aspects de la créativité.

Ce dossier présente quelques réflexions et travaux en intelligence artificielle dédiés à la créativité et l'innovation. Parmi eux des nouveaux enjeux pour les territoires induits par l'humanité numérique, l'approche écologique à l'innovation, créativité par l'ordinateur et en collaboration avec l'utilisateur. Nous aurions aimé proposer un panorama plus large; avoir par exemple l'avis d'un urbaniste, d'un concepteur de jeux vidéo ou de jeux sérieux. Peut-être dans une prochaine édition? En attendant, nous sommes convaincus que ces thèmes, longtemps ignorés, sont futuristes et nous encourageons la communauté IA à s'y intéresser.

Enfin, et plus concrètement, un prix “créativité” sera remis lors de la prochaine plateforme AFIA. Ce prix récompensera le papier jugé le plus “créatif” parmi les contributions des différentes conférences de la plateforme. A suivre donc!

Eunika Mercier-Laurent et François Pachet²

1. <http://www.cordis.europa.eu/fp7/ict/docs/ict-wp2013-10-7-2013-with-cover-issn.pdf>

2. “L'avenir de l'Europe dépend de l'imagination et de la créativité de ses citoyens.” - <http://create2009.europa.eu/fileadmin/Content/Downloads/PDF/Manifesto/manifesto.fr.pdf>

Intelligence artificielle peut-elle rebooster la créativité humaine ?

Eunika Mercier-Laurent MODEME, IAE Lyon3 eunika@innovation3d.fr

Une vision générique du processus de l'innovation a été présentée dans l'article "Intelligence Artificielle au service d'écosystèmes de l'innovation" du Bulletin No. 72 [MER 11a]. Ce processus est composé de deux étapes entrelacées - la créativité et la transformation de l'idée en valeurs matérielles et immatérielles. Alors que la phase de transformation et l'apport de l'intelligence artificielle dans l'ensemble du processus est décrit dans l'article précédemment cité, celui-ci est plus axé sur la partie créativité.

CREATIVITE

La créativité est un processus mental permettant de générer de nouvelles idées ou concepts, ou encore de réaliser des associations entre des idées et des concepts déjà connus. C'est l'aptitude d'un individu ou d'un groupe d'individus à imaginer et à réaliser quelque chose de concret, à résoudre un problème de façon originale, à répondre à un besoin, à générer des besoins pour un produit/service nouveau ou à inventer un nouveau domaine de recherche. Les chercheurs en neurobiologie ou neuropsychiatrie, entre autres, étudient le rôle du cerveau dans la créativité. Kenneth Heilman [HEI 05] la définit comme "la capacité à comprendre et à exprimer des relations nouvelles".

Il émet l'hypothèse selon laquelle la créativité implique la capacité de connecter des zones du cerveau qui ne le sont pas habituellement. Il s'agit de développer la capacité à produire du sens, à utiliser simultanément les deux hémisphères du cerveau.

La créativité est une attitude de "jardiniers de la connaissance", elle continue tout au long du processus et est à la création de nouveaux processus - elle ne s'arrête jamais [MER 11].

Les entreprises pratiquant l'innovation fermée, souvent pour des raisons de confidentialité, organisent des séances de créativité afin d'aider les employés à trouver de nouvelles idées. On peut les chercher en dehors de

la R&D en impliquant d'autres métiers - l'innovation devient alors participative. Les organisations qui pratiquent l'innovation ouverte cherchent à capter des idées nouvelles via les parties prenantes comme les partenaires, sous-traitants et encore rarement les clients.

Alors que certaines écoles d'ingénieurs ont des cours de créativité et commencent à introduire les jeux, il n'est pas courant de trouver ce type de séances dans les laboratoires de recherche ou à l'université - le chercheur est censé de pratiquer l'auto-orientation [AUT 12].

La situation est similaire dans les pôles de compétitivités, les incubateurs et les pépinières - ils délaissent la créativité au profit de la transformation de la bonne idée initiale.

Méthodes de créativité

Il existe une pléthore de méthodes et outils de la créativité. Parmi eux on peut distinguer deux grandes tendances :

- celles qui se préoccupent de la *résolution de problèmes*
- celles qui cherchent à *améliorer le processus de la création* des idées pour la publicité, par exemple, en s'appuyant en général sur les différentes approches psychologiques.

Voici quelques méthodes de créativité, commençant par celle de la première catégorie :

- le raisonnement par analogie (*Case-based reasoning*) [MAH 97] qui s'inspire de notre façon de résoudre des problèmes nouveaux par analogie avec ceux que nous avons déjà résolus. Implémentée dans des outils et utilisée essentiellement pour le diagnostic, rarement pour l'e-commerce et le traitement des FAQ, elle permet de créer rapidement une gamme de produits ou des produits nouveaux en s'inspirant de ceux qui existent déjà. Le générateur d'idées décrit dans le dossier du Bulletin No. 72 utilise le raisonnement à partir de cas. D'autres tech-

INTELLIGENCE ARTIFICIELLE PEUT-ELLE REBOOSTER LA CRÉATIVITÉ HUMAINE ?

niques de l'intelligence artificielle ont également la capacité d'amplifier la créativité humaine.

- la méthode **TRIZ** de Genrich Altshouler [ALT 89, ALT 04], construite à partir de l'analyse de deux millions de brevets pour en extraire quarante principes inventifs, utilisables pour la résolution des problèmes, pouvant s'appliquer aux domaines technologiquement différents. Le principal avantage de cette méthode est son universalité. Souvent les spécialistes ne savent pas qu'il existe des solutions à leur problème dans un autre champ d'application, parfois technologiquement éloigné. Un outil TRIZ peut alors suggérer une solution venue d'un autre domaine. Cette méthode, implémentée dans des outils comme TechOrganizer d'Invention Machine, est surtout utilisée pour la conception et l'amélioration des produits. Une description détaillée de TRIZ se trouve dans ce dossier - article de Denis Cavallucci et François Rousselet.
- la méthode des **six chapeaux** d'Edouard de Bono [BON 99], psychologue, médecin et cogniticien, s'appuie principalement sur les techniques de créativité issue des neurosciences. Ces techniques de la pensée latérale permettant de sortir de nos schémas mentaux habituels en s'appuyant sur l'exagération, l'inversion, le détournement d'usage (provocation), etc. Chacun des six chapeaux correspond à un mode de pensée. La méthode consiste à faire travailler ensemble six personnes pour résoudre un problème donné. Les participants jouent des rôles correspondant à la couleur du chapeau - le *bleu* anime le groupe, il doit penser global, canaliser les idées et les échanges. Le *blanc* rapporte des chiffres, informations et faits, tandis que le *rouge* collecte des informations teintées d'émotions, de sentiments d'intuitions; il représente la passion. Le *noir* incarne la prudence; il énumère les risques qui menacent la concrétisation de l'idée, alors que le *jaune* symbolise l'imagination, les rêves et les idées folles - son rôle est de mettre en action les idées suggérées par les autres membres du groupe. Le porteur du chapeau *vert* doit trouver des solutions alternatives; il s'inspire de la pensée latérale, de la façon différente de considérer un problème et il doit sortir des sentiers battus pour proposer des idées neuves. Les six chapeaux facilitent la concentration de l'énergie créatrice de l'équipe sur un objectif commun, le travail en équipe et l'apprentissage des différentes façons de penser. Afin de stimuler la créativité stratégique Edward de Bono utilise égale-

ment les jeux de stratégie, comme celui de L [BON 67].

- la **bissociation** d'Artur Koestler [KOE 60]. Elle consiste à rapprocher deux éléments ou domaines habituellement séparés pour créer un élément nouveau incluant les éléments composants. Toute intégration réussie est une création, tous domaines confondus. L'innovation est parfois une association de plusieurs technologies, tout comme des solutions informatiques qui associent dans certains cas plusieurs techniques dans la résolution d'un problème complexe. Des travaux de Ludwig von Bertalanffy et Herbert Simon sur les systèmes complexes ont contribué à la bissociation. Dans son livre *Ghost in the Machine* [KOE 67] Koestler introduit le terme de "holon", probablement emprunté à Jan Christiaan Smuts (1926) et venu du grec. Holon est à la base de l'approche holistique qui permet de concilier l'innovation et la nature.
- **cartes heuristiques** ou Mind Mapping de Tony Buzan part du principe que notre cerveau travaille par des visualisations et associations. Les cartes heuristiques permettent de mettre en évidence les liens hiérarchiques entre les différents éléments ainsi que les connexions sémantiques. C'est un outil pour penser, mais aussi pour prendre des notes. En regardant des cartes, peuvent surgir des idées de nouvelles associations ou des concepts inédits qui vont s'ajouter aux précédents. Un exemple de cartographie est présenté à la figure 1.

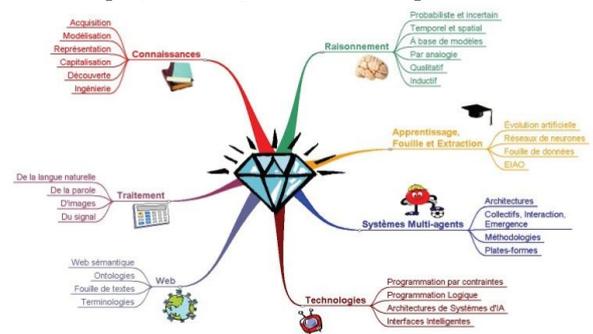


Figure 1 La cartographie des domaines de l'intelligence artificielle (voir le site AFIA).

- **ontologie** sert à représenter graphiquement les concepts hiérarchisés et les relations entre concepts pour un problème ou domaine donné. Leur rôle dans la créativité est similaire à celui des cartes heuristiques [DAM 03].
- le **brainstorming**, conçu pour la publicité par Alex Osborn en 1935 est décrit dans son livre *Your*

INTELLIGENCE ARTIFICIELLE PEUT-ELLE REBOOSTER LA CRÉATIVITÉ HUMAINE ?

Creative Power, 1948. Une séance de *brainstorming* se passe en petits groupes et doit être pilotée par un animateur. Elle comporte trois phases : présentation du sujet, production des idées par les participants et exploitation pour en sélectionner les plus pertinentes.

- la **synectique** de William Gordon est une approche psychologique (pensée métaphorique) qui consiste à combiner divers éléments apparemment hétérogènes, visant à l'utilisation consciente de mécanismes psychologiques inconscients. Elle est pratiquée, entre autres, par la société Synecticsworld. La résolution d'un problème ou la recherche des idées est effectuée via la suite cognitive : problème, paradoxe, analogie, activité unique, équivalence, idée nouvelle
- le **challenge-storming** en huit étapes, proposé par Jean-Louis Swiners (HEC) et Jean-Michel Briet (publiciste), prend en compte les différentes créativités de l'entreprise, comme l'innovation, le design, la stratégie et le *leadership* [SWI 05]. La succession des étapes est la suivante : localiser le problème (conflictuel), faire la table rase, rechercher les solutions existantes, définir et hiérarchiser les critères de choix, créer la tension (et motivation) créative, trouver trois bonnes solutions, choisir la meilleure, mise en œuvre de l'idée avec la créativité (agilité, résilience, pugnacité, acceptation du changement) ;
- le **PAPSA** de Hubert Jaoui [JAO 98] est une démarche en cinq étapes qui consiste à :
 - percevoir des opportunités et des risques,
 - analyser,
 - produire des idées,
 - sélectionner celles qui correspondent aux objectifs,
 - appliquer ou mettre en action des idées sélectionnées tout en évitant les pièges logiques, culturels et sensoriels.

On peut également mentionner l'**inventique** de Michel Fustier [FUS 70], les **matrices de découvertes** d'Abraham Moles [MOL 70], les **quatre personnages** de Roger Von Oech [VON 87], les **techniques de détour** de Guy Aznar [AZN 05], la **créatique** de Michel Demarest [DEM 70] et bien d'autres.

La stratégie "**océan bleu**" est proposée par Chan Kim et Renée Mauborgne [KIM 07]. Son objectif est

d'orienter l'activité business sur un segment peu concurrentiel afin d'utiliser au mieux les ressources et de faire des marges plus importantes. Au lieu de se battre avec les concurrents sur les mêmes critères (prix, qualité, etc.), ce qui est désigné sous le terme d'**océan rouge** ; il s'agit de créer son propre espace vierge (**océan bleu**) en innovant et en se basant sur des critères totalement décalés par rapport à ce qui existe.

Les méthodes de créativité comme le **café de l'innovation**, pratiquée par le réseau Entovation Intl, et celle de l'intermédiation créative [DHE 06] sont bien adaptées aux systèmes de l'innovation dans l'économie de la connaissance. La première s'inspire de discussions créatives dans les cafés parisiens et viennois de la "Belle Epoque", adoptée par Elisabeth Lank dans les années 1990 et popularisée par Charles Savage sous le nom de *Dynamic Teaming* et *World Cafe*. Les participants (20-50) sont réunis autour de tables. Chaque table traite un sujet particulier, composant de la thématique à considérer, choisi par l'animateur principal et a son propre animateur. Après une présentation des principes, les participants travaillent sur chaque sujet environ vingt minutes. Ensuite les animateurs de chaque table relatent successivement les résultats. L'animateur principal peut alors décider de déplacer quelques personnes et proposer une deuxième session utilisant en général une autre façon de penser. La séance se termine par une conclusion finale.

L'**intermédiation créative** est un outil d'émergence de projets communs. Une session dure de deux à trois jours. Elle commence par un repérage réciproque des affinités et des complémentarités entre les acteurs présents et est suivie par une constitution de groupes projets. Les différents projets qui ont émergés sont améliorés à l'aide d'une grille de questionnement issue des théories et pratiques du développement durable et du management de l'innovation. Chaque groupe projet peut peaufiner sa stratégie et ses partenariats ; alors la troisième journée est consacrée à la formalisation du projet d'innovation et de sa stratégie de réalisation.

Dans la plupart de cas une seule méthode est proposée selon le principe "*pour celui qui a un marteau tout ressemble à un clou*". Mais on commence à voir des Tool-box regroupant les principales méthodes pour l'innovation (Innovatika³). Pour l'instant la "recette" est dans les têtes d'experts.

3. <http://www.innovatika.com>

INTELLIGENCE ARTIFICIELLE PEUT-ELLE REBOOSTER LA CRÉATIVITÉ HUMAINE ?

A notre connaissance il existe peu d'outils de créativité intégrant les techniques de l'intelligence artificielle.

Les jeux en ligne, vidéo et les jeux sérieux sont un excellent moyen pour développer la créativité et faire travailler deux cerveaux simultanément. Les jeux sérieux font leur apparition dans les écoles. et dans les entreprises. Parmi eux on peut citer

<http://creativitygames.net/creativity-games>

<http://ideaguides.com/Games.html>

<http://www.experiential-learning-games.com/creativitygames.html>

Quelques jeux pour les entreprises sont proposés par <http://www.stratelogic.com>.

Certains jeux sérieux utilisent les systèmes multi-agents (Laboratoire I3i de l'Université de la Rochelle).

Références

- [ALT 04] ALTSHULLER G.S., 40 principes d'innovation, A. Seredinski, Paris, 2004.
- [ALT 89] ALTHSHULLER G.S., ZLOTIN B.L., ZUSMAN A.V., FILATOV V.I., Search for New Ideas : From Insight to Technology (Theory and Practice of Inventive Problem Solving), Kartya Moldovenyaska Publishing House, Kishinev, 1989
- [AUT 12] Actes du Colloque Auto-orientation, X-Recherche, 8 novembre 2011
- [AZN 05] AZNAR G., Idées : 100 techniques de créativité pour les produire et les gérer, Éditions d'Organisation, Paris, 2005
- [BON 67] DE BONO E. The Five-Day Course in Thinking ,1967
- [BON 99] DE BONO E., Six thinking hats, Little, Brown & co, Londres, 1999. Traduction française Les six chapeaux de la réflexion, Eyrolles, Paris, 2005.
- [DAM 03] DAMERON O., Modélisation, représentation et partage de connaissances anatomiques sur le cortex cérébral, thèse, université de Rennes 1, 2003
- [DEM 70] DEMAREST M., DRUEL M., La Créativité. Psycho-pédagogie de l'invention. Editions Clé, Paris, 1970.
- [DHE 06] DHERS G., Pour des dispositifs d'intermédiation créative au service du développement des personnes et des territoires, thèse université de Poitiers, 2006.
- [FUS 70] FUSTIER M., DREVET A., KAUFMANN D.A., L'inventique - nouvelles méthodes de créativité, Entreprise Moderne d'Édition, Paris, 1970.
- [HEI 05] HEILMAN K., Creativity and the Brain, Psychology Press, New York, 2005
- [JAO 98] JAOUI H., La créativité mode d'emploi, Connaissance du problème applications pratiques, ESF, Paris, 1998.
- [KOE 60] KOESTLER A., Le cri d'Archimède, Calmann-Lévy, Paris, 1994.
- [KOE 67] KOESTLER A., Ghost in The Machine, Hutchinson, London, 1967.
- [KIM 07] KIM C., MAUBORGNE R., Stratégie Océan Bleu : Comment créer de nouveaux espaces stratégiques, Pearson Education, Paris, 2007.
- [MAH 97] MAHER M.L., BALACHANDRAN B., ZHANG D.M., Case based Reasoning in Design, Lawrence Erlbaum Associates, Mahwah, 1997
- [MER 11] Mercier-Laurent E. : Les Ecosystèmes de l'Innovation, Hermès, 2011
- [MER 11a] Mercier-Laurent E. Intelligence Artificielle au service d'écosystèmes de l'innovation, Bulletin AFIA No. 72, 2011.
- [MOL 70] MOLES A., Créativité et méthodes d'innovation, Fayard, Paris, 1970.
- [SWI 05] SWINERS J.L., BRIET J.M., L'Intelligence créative au-delà du brainstorming, Maxima, Paris, 2005.
- [VON 87] VON OECH R., Boîte à outils de la créativité, Interéditions, Paris, 1987.

Créativité et innovation dans les humanités numériques

Le cas de l'intelligence territoriale et de l'agencement participatif des territoires : De quoi le développement durable est-il le nom ?

Francis Rousseaux (Université de Reims), Pierre Saurel (Université Paris-Sorbonne)
francis.rousseau@univ-reims.fr, pierre.saurel@paris-sorbonne.fr

Les collectivités territoriales sont actuellement confrontées à la rupture brutale du paradigme classique de l'*aménagement du territoire*, fondateur de leur organisation et de leur gouvernance traditionnelles.

Les raisons profondes de cette rupture sont à chercher d'une part du côté de l'avènement du numérique dans les territoires, qui transforme en profondeur les usages et les représentations, et d'autre part dans la demande sociale désormais insistante en matière de concertation et de participation citoyenne aux décisions et aux politiques territoriales, se réclamant toujours davantage du développement durable. La seconde raison se rapporte assez aisément à la première : en effet c'est l'avènement de technologies numériques particulières qui rend réalistes (en les outillant) la concertation et la participation au développement des territoires. Il apparaît donc que la révolution numérique pousse à une transformation radicale des collectivités territoriales et de l'aménagement traditionnel du territoire.

Si l'avènement massif du numérique dans les territoires entraîne une rupture dans les approches classiques et les représentations en usage dans les activités d'aménagement, c'est d'abord en ceci que le numérique inonde les territoires de données et d'applications, qui sont du même coup sommés d'en produire des interprétations cohérentes et pilotables voire en phase avec une politique locale : alors que l'aménagement du territoire était hier encore articulé et rythmé par des actions centralisées, organisé en subsidiarités d'institutions hiérarchiques, et piloté par des représentations stabilisées entre les plans de développement pluriannuels, il est désormais contraint de se faire *agencement* dynamique d'un continuum territorial dont la granularité topologique et cartographique cesse d'être la principale caractéristique.

La suspicion à l'égard des politiques publiques aidant, sur fond de déchéance de l'expansionnisme radical et de prolifération des propositions alternatives, les échelles

spatiales et temporelles discrétisées par les anciens gestionnaires de territoires apparaissent désormais artificielles et arbitraires, laissant place à des chorégraphies originaires qui déroutent le pouvoir politique : *Chronos* et *Topos* cèdent le pas à la *Chora*, à l'*écoumène* et au *Kairos*, aux modes corporels d'habiter le monde en singularités. Les traces, les réminiscences, les répétitions, les questions de distance redeviennent les catégories premières d'un territoire qui conditionne le ressouvenir, la conjugaison des traces et le *vivre ensemble*, comme émergence d'hétérarchies collectives. En un mot, le territoire est la condition de possibilité de la culture : Qu'est-ce en effet que la culture ? La mémoire de la culture, la reprise de la culture : comme dans la chanson ritournelle ("la meilleure façon de marcher..."). La culture fait marcher : le pas de l'âne traçant la Chora grecque, mu par les jeux d'ombre et de lumière, la déclivité du terrain, la présence de source et d'herbe, les vents dominants, la houle. Tout ceci : la terre et le soleil. La physicalité du terrain se fait territoire culturel. Le chemin est répété, du *même* se trace, engrammant du passage, les traces se collectivisent, se collectionnent, se doublent de fléchage, balises, repères, tags, indications, bifurcations. Puis des enceintes sont encloses (hétérotopie foucauldienne du musée, du jardin, du cimetière), qui constituent des lieux à part, spécialisés ou non, équipés ou non de dispositifs de signalisation, eux-mêmes symbolisés comme attracteurs culturels (lieux de diffusion culturelle). Le territoire serait ainsi le lieu de développement de nos résiliences collectives.

Aussi, en ouvrant des mondes virtuels interconnectés sans enracinement territorial apparent, le numérique paraît-il participer à un mouvement de déterritorialisation. Mais tantôt, il autorise des reterritorialisations massives et fulgurantes, comme ce fut par exemple le cas durant le printemps arabe de 2011, en Tunisie ou en Égypte : des usagers de réseaux sociaux, non-spécialistes de politique territoriale, ont pu échanger des informa-

CRÉATIVITÉ ET INNOVATION DANS LES HUMANITÉS NUMÉRIQUES

tions tactiques au travers de la toile, qui ont finalement cristallisé au niveau stratégique et contribué largement à l'effondrement d'un gouvernement policier qui contrôlait le territoire national d'une main de fer. Des actions élémentaires dans le monde numérique ont réalisé un changement radical sur un territoire, qu'on n'aurait jamais cru pouvoir advenir face à un régime politique totalitaire.

La gestion d'aménagements se fait ainsi *intelligence territoriale*, entendue comme un champ d'application émergent de l'ingénierie des connaissances, avec ses spécificités et ses singularités, engageant des systèmes d'information territoriaux (corrélant, agrégeant et fusionnant des connaissances souvent géolocalisées), nécessitant des observatoires territoriaux à l'organisation co-apprenante, mobilisant des cohabitants en réseau participatifs, co-développant des services Web de plus en plus personnalisés et coproduisant des décisions concertées. Là comme ailleurs en ingénierie des connaissances il s'agit d'imaginer, de simuler, modéliser, visualiser, piloter et décider, jouer (eLearning et Serious Games) pour expérimenter et dialoguer.

C'est que l'intelligence territoriale ne renvoie pas qu'à l'intelligence artificielle des commencements et à l'intelligence économique d'avant la crise économique : afin de modéliser ses acteurs et ses interactions, les pionniers du domaine s'inspirent couramment des travaux des philosophes, sociologues et anthropologues de l'espace et du temps, comme en France Michel Foucault, Gilles Deleuze, Augustin Berque ou encore Bruno Latour et Philippe Descola. Ce faisant l'intelligence territoriale s'attaque à préciser les acceptions du développement durable et de la participation, actuellement trop floues pour être opérationnalisées et évaluables à tous les enjeux des territoires. La perspective n'est autre que le renouvellement de la démocratie participative, qui constitue sans doute une clé stratégique vers une possible reconfiguration économique des pays occidentaux.

Car le développement durable apparaît vite comme une fiction opérationnelle, qui a certes le mérite de rassembler et fédérer des forces vives, mais dont les fondements scientifiques sont bien fragiles, quel que soit le biais par lequel on les aborde :

- L'acception "scientiste radicale" voudrait qu'on reconsidère la totalité des activités sur lesquelles l'humanité a prise directe ou indirecte, pour en inverser la gigantesque matrice afin de minimiser dans la durée leur empreinte "néfaste". Mais quels critères détaillés et universels, quelle description exhaustive des activités humaines et non-humaines peut-on mobiliser, quelles finalités précises viser ? L'approche n'a de sens pratique que localement,

sans qu'aucune garantie ne puisse être fournie de la vertu des combinatoires locales pour produire un global satisfaisant.

- Une acception relativiste pose qu'il est légitime d'œuvrer localement tout en pensant globalement (Rio 1992, Agenda 21), pour viser une conversion harmonieuse au global en évitant le piège de l'optimisation locale d'ordres anciens. L'approche a le mérite de sensibiliser les populations, mais rien ne prouve qu'elle converge, et nous verrons qu'elle charrie une injustice anthropologique radicale.
- Quant à l'acception "idéaliste", elle viserait la possibilité d'une refondation culturelle radicale susceptible de guider l'organisation des activités de l'humanité à venir. C'est ici qu'on peut mobiliser les recherches en anthropologie de Philippe Descola, qui montrent que le naturalisme n'est qu'une posture anthropologique parmi d'autres, parfaitement identifiées, qu'il qualifie avec Bruno Latour d'universalisme *particulier*.

Y a-t-il possibilité d'un universalisme *relatif* (et non plus *particulier*) ? Il s'agirait de faire place à une réelle diversité des placements anthropologiques de la culture. On aurait là la spécification d'une acception à la fois critique et pragmatique du développement durable : car sur quelles valeurs universelles adosser une politique de patrimonialisation des biens naturels et culturels ? Comment respecter la diversité des manières d'habiter le monde et définir des usages de ce monde sur lesquels tous ces occupants pourraient s'accorder ?

"Le naturalisme n'est qu'une façon parmi d'autres d'organiser le monde, c'est-à-dire d'opérer des identifications en distribuant des qualités aux existants à partir des diverses possibilités d'imputer à un autre indéterminé une physicalité et une intériorité analogues ou dissemblables à celles dont tout humain fait l'expérience. De sorte que l'identification peut se décliner en quatre formules ontologiques : soit la plupart des existants sont réputés avoir une intériorité semblable tout en se distinguant par leurs corps, et c'est l'animisme - présent parmi les peuples d'Amazonie, du nord de l'Amérique du Nord, de Sibérie septentrionale et de certaines parties de l'Asie du sud-est et de la Mélanésie ; soit les humains sont seuls à posséder le privilège de l'intériorité tout en se rattachant au continuum des non-humains par leurs caractéristiques matérielles, et c'est le naturalisme - l'Europe à partir de l'âge classique ; soit certains humains et non-humains partagent, à l'intérieur d'une classe nommée, les mêmes propriétés physiques et morales issues d'un prototype, tout en se distinguant en bloc d'autres classes du même type, et c'est le totémisme - au premier chef l'Australie des Aborigènes ; soit tous les éléments

CRÉATIVITÉ ET INNOVATION DANS LES HUMANITÉS NUMÉRIQUES

du monde se différencient les uns des autres sur le plan ontologique, raison pour laquelle il convient de trouver entre eux des correspondances stables, et c'est l'analogisme - la Chine, l'Europe de la Renaissance, l'Afrique de l'Ouest, les peuples indigènes des Andes et de Mésopotamie. Or, l'on peut montrer non seulement que chacun de ces modes d'identification préfigure un genre de collectif plus particulièrement adéquat au rassemblement dans une destinée commune des types d'être qu'il distingue - chaque ontologie engendrant une sociologie qui lui est propre -, mais aussi que les découpages ontologiques opérés par chacun de ces modes ont une incidence sur la définition et les attributs du sujet, donc que chaque ontologie sécrète une épistémologie et une théorie de l'action adaptées aux problèmes qu'elle a à résoudre. Autrement dit, le problème que nous avons à confronter est le suivant : comment une épistémologie naturaliste, porteuse de valeurs universalistes, peut-elle se réformer afin d'accommoder des épistémologies non naturalistes ?". *Philippe Descola*.

Or le naturalisme est le principal moteur de l'expansionnisme radical, ainsi d'ailleurs que de sa supposée régulation 'développement durable'. A ce titre le développement durable pourrait être critiqué sévèrement, surtout depuis des cultures revendiquant une forte mixité anthropologique.

	corps	même	autre
intérieurité			
même		Totémisme Australie des aborigènes	Naturalisme Europe depuis l'âge classique
		absence d'héritage de classe	discontinuité des esprits
autre		Animisme Amazonie, Nord de l'Amérique du Nord, Sibérie septentrionale, Mélanésie, partie de l'Asie du Sud-Est	Analogisme Chine, Europe de la Renaissance, Afrique de l'Ouest, Andes et Mésopotamie
		discontinuité des corps	absence d'analogie

Un universalisme particulier
 . Un modèle de développement ←
 . Un placement du développement durable et une vision de la concertation ←

"Le naturalisme reconnaît les signes de l'altérité dans la discontinuité des esprits, par contraste avec l'animisme, par exemple, qui les déchiffre dans la discontinuité des corps. Se différencie de moi celui qui, parlant une autre langue, croyant en d'autres valeurs, pensant selon d'autres catégories, percevant selon une autre 'vision du monde', n'est plus mon exact semblable tant sont distinctes des miennes les 'représentations collectives' auxquelles il adhère et qui conditionnent son action. Une coutume bizarre, une pratique énigmatique ou répugnante s'expliquent alors par le fait que ceux qui s'y adonnent ne peuvent faire autrement que croire (pen-

ser, se représenter, imaginer, juger, supposer. . .) que c'est ainsi qu'il faut procéder si l'on veut atteindre telle ou telle fin. C'est affaire de 'mentalités', et si celles-ci sont réputées connaissables jusqu'à un certain point par les traces qu'elles laissent dans des expressions publiques, il est toutefois impossible de pénétrer leurs ressorts ultimes car je ne peux me glisser tout à fait dans l'esprit de l'autre, même le plus proche. On comprend, dans ces conditions, que l'altérité radicale réside du côté de ceux qui sont dépourvus d'esprit ou ne savent pas s'en servir : les sauvages jadis, les malades mentaux aujourd'hui, et surtout l'immense multitude des non-humains, les animaux, les objets, les plantes, les pierres, les nuages, tout ce chaos matériel à l'existence machinale dont l'homme dans sa sagesse s'occupe de déterminer les lois de composition et de fonctionnement. Comment dès lors se soustraire au dilemme du naturalisme, cette oscillation trop prévisible entre l'espoir moniste de l'universalisme naturel et la tentation pluraliste du relativisme culturel? Surtout, comment se détourner de la pensée consolante que notre culture serait la seule à s'être ouvert un accès privilégié à l'intelligence vraie de la nature dont les autres cultures n'auraient que des représentations - approximatives mais dignes d'intérêt pour les esprits charitables, fausses et pernicieuses par leur pouvoir de contagion pour les positivistes? Ce régime épistémologique, que Latour appelle 'l'universalisme particulier', fonde tout le développement de l'anthropologie et légitime ses succès, en sorte qu'on imagine mal pouvoir quitter son séjour hospitalier sans encourir l'ostracisme et s'exposer à une errance stérile et fascinée dans les mirages des singularités." *Philippe Descola*.

La créativité et l'innovation en intelligence territoriale passent par la possibilité de concevoir des agencements participatifs des territoires. A considérer comment les "digital natives" se fondent dans des collectifs mi-naturalistes, mi-animistes, mi-totémiques, mi-analogiques (incluant des non-humains comme les ordinateurs), il s'agit d'ouvrir, par concertation et participation, à la possibilité de co-déploiement d'universalismes relatifs, au sens de Descola (http://www.youtube.com/watch?v=at2SVXD_y-g).

"Il est pourtant une voie qui permettrait de concilier les exigences de l'enquête scientifique et le respect de la diversité des états du monde, un chemin encore mal frayé et dont j'ai commencé à explorer les détours dans des travaux récents. Je l'appellerai volontiers l'universalisme relatif, non par provocation ou goût des antiphrases, mais en prenant l'épithète 'relatif' au sens qu'elle a dans pronom relatif, c'est-à-dire qui se rapporte à une relation. L'universalisme relatif ne part pas de la nature et des

CRÉATIVITÉ ET INNOVATION DANS LES HUMANITÉS NUMÉRIQUES

cultures, des substances et des esprits, des discriminations entre qualités premières et qualités secondes, mais des relations de continuité et de discontinuité, d'identité et de différence, de ressemblance et de dissimilitude que les humains établissent partout entre les existants au moyen des outils hérités de leur phylogenèse : un corps, une intentionnalité, une aptitude à percevoir des écarts distinctifs, la capacité de nouer avec un autrui quelconque des rapports d'attachement ou d'antagonisme, de domination ou de dépendance, d'échange ou d'appropriation, de subjectivation ou d'objectivation. L'universalisme relatif n'exige pas que soient données au préalable une matérialité égale pour tous et des significations contingentes, il lui suffit de reconnaître la saillance du discontinu, dans les choses comme dans les mécanismes de leur appréhension, et d'admettre, au moins par hypothèse, qu'il existe un nombre réduit de formules pour en tirer parti, soit en ratifiant une discontinuité phénoménale, soit en l'invalidant dans une continuité. Mais si l'universalisme relatif est susceptible de déboucher sur une éthique, c'est-à-dire sur des règles d'usage du monde auxquelles chacun pourrait souscrire sans faire violence aux valeurs dans lesquelles il a été élevé, cette éthique reste encore à construire pierre par pierre, ou plutôt relation par relation. La tâche n'est pourtant pas impossible. Elle exige de dresser un inventaire des relations entre humains, comme entre ceux-ci et les non-humains, et de s'accorder pour bannir celles qui susciteraient un opprobre général. On imagine aisément que les formes les plus extrêmes de rapports inégalitaires rentreraient dans cette dernière catégorie : par exemple, l'annihilation gratuite de la vie, la chosification des êtres doués de facultés sensibles ou l'uniformisation des habitudes de vie et des comportements. Et comme, du fait du consensus nécessaire pour aboutir à la sélection des relations retenues, aucune de celles-ci ne pourrait être dite supérieure à une autre, alors les valeurs attachées à des pratiques, des savoirs ou des sites singuliers pourraient s'appuyer sur les relations qu'ils mettent en évidence dans le contexte particulier de leurs usages, sans tomber pour autant dans des justifications contingentes ou fondées sur des calculs immédiats d'intérêts. Par exemple, là où des humains considèrent comme normal et souhaitable d'entretenir des relations intersubjectives avec des non-humains, il serait envisageable de légitimer la protection d'un environnement particulier, non par ses caractéristiques écosystémiques intrinsèques, mais par le fait que les animaux y sont traités par les populations locales comme des personnes - généralement chassées, du reste, mais en respectant des précautions rituelles. On aurait donc une catégorie d'espaces protégés qui fonctionnerait pour l'essentiel en 'régime animiste' - en Amazonie, au Canada,

en Sibérie ou dans la forêt malaise - sans que cela n'empêche d'y adjoindre aussi des justifications fondées sur des relations de type naturaliste - la maximisation de la biodiversité ou la capture du carbone, par exemple - pour autant que les relations du deuxième type, c'est-à-dire portées par des acteurs lointains, n'aillent pas trop à l'encontre des conditions d'exercice des relations mises en œuvre par les acteurs locaux. On voit sans peine que les relations permettant de légitimer la patrimonialisation de sites comme le Mont Saint-Michel ou les rizières en terrasses du nord de Luzon seraient tout autres : non plus la présence de non-humains traités comme des sujets, mais l'objectivation d'un projet de connexion entre le macrocosme et le microcosme dont seules les civilisations analogiques, où qu'elles se soient développées, ont pu laisser des traces. Il y a beaucoup d'utopie là-dedans dira-t-on ; sans doute, si l'on prend utopie dans le bon sens : comme une multiplicité d'avenirs virtuels frayant la possibilité d'une issue qui n'avait pas été envisagée auparavant." *Philippe Descola*.

On pourra se demander où est l'intelligence artificielle dans tout ça... Il est remarquable que la question du développement durable renvoie directement au fond mystérieux de l'interaction entre des actants : qu'est-ce qui incite des actants à échanger, directement et indirectement, pour constituer des collectifs dépassants ? Une réponse pourrait être très proche de celle qu'a donnée Alan Turing en son temps, lorsqu'il introduisit son célèbre Jeu de l'imitation : elle rencontre les investigations de contributeurs aussi divers que Roger Caillois et d'Eugen Fink. Le Jeu comme symbole du monde.

Bibliographie

- Berque, A. (2000), *Écoumène, introduction à l'étude des milieux humains*, Paris, Belin.
- Descola, P. (2006), *Par-delà nature et culture*, Paris, Gallimard.
- Descola, P. (2006), *Anthropologie de la nature*, exposé à l'Unesco le 16/06/2006.
- Foucault, M. (1984), *Dits et écrits 1984, Des espaces autres (conférence au Cercle d'études architecturales, 14 mars 1967)*, in *Architecture, Mouvement, Continuité*, no5, octobre 1984, pp. 46-49 (<http://foucault.info/documents/heteroTopia/foucault.heteroTopia.fr.html>).
- Latour, B. (2010), *Avoir ou ne pas avoir de réseau : that's the question*, *Débordements. Mélanges offerts à Michel Callon*, Presses de l'École des Mines,

CRÉATIVITÉ ET INNOVATION DANS LES HUMANITÉS NUMÉRIQUES

- pp. 257-268, sous la direction de Madeleine Akrich & al.
- Rousseaux, F., Soulier E., Neffati, H., Saurel, P. (2010), Agencement multi-échelle de territoires à valeur ajoutée numérique : le cas de la Vallée Scientifique de la Bièvre, Atelier Complexité et Politiques Publiques, Institut des Systèmes Complexes de Paris Ile de France, 23 et 24 septembre.
 - Sauvé, L. (2007), L'équivoque du développement durable, *Chemin de Traverse*, n° 4, p. 31-47.
 - Soulier E., Legrand J., Bugeaud F., Rousseaux F., Neffati H., Saurel P. (2011), Agencement participatif des territoires : analyse du cas de la vallée scientifique de la Bièvre en tant que réseau multidimensionnel, communication à la Journée d'études sur les effets de la participation, Ecole des Hautes Etudes en Sciences Sociales de Paris.

UR.LL.TL : un exemple de Living Lab pour développer l'é-co-innovation à La Réunion

Noël Conruyt

EA 25-25, LIM / IREMIA, Université de la Réunion, France

<http://lim.univ-reunion.fr/>

Résumé

Pour fabriquer des produits et e-services responsables avec les citoyens et pas seulement avec les spécialistes, une nouvelle vision éco-citoyenne de l'innovation est nécessaire, l'é-co-innovation. A l'île de La Réunion, nous avons introduit le Web sémiotique comme un concept centré sur l'humain pour gérer le développement durable avec les TIC (Technologies de l'Information et de la Communication). La signification ou sémiosis est le processus psychologique clé qui donne du sens à l'é-co-innovation pour pratiquer une recherche fondée sur les usages des TIC, plus que sur les technologies elles-mêmes. L'action se développe en partenariat avec les usagers pour échanger les données, informations et connaissances. Dans ce cadre de partage, les Living Labs (LL) permettent de mettre l'accent sur les principes politiques et méthodologiques pour pratiquer l'innovation ouverte pilotée par les usages. Sur les plans plus pragmatique, scientifique et technique, nous avons élaboré une méthode de conception de produits/services fondée sur la gestion des signes, ainsi qu'un outil intitulé le Plateau de Créativité ou de Co-Design, utilisé pour construire des e-services de manière itérative avec des usagers pilotes (lead-users). Ces ressources ont été appliquées depuis dix ans à l'Université de La Réunion (UR) pour l'aide à la gestion de la biodiversité tropicale (récifs et forêts) et le e-learning instrumental en musique (guitare et piano) afin de satisfaire aux désirs des usagers ciblés dans le domaine de l'éducation : le Teaching and Learning (TL).

Mots-clés

E-co-innovation, Living Lab, Web Sémiotique, Plateau de Créativité, Gestion des Signes, E-service.

Introduction

Depuis l'avènement du Web 2.0, l'innovation avec les TIC ne peut plus être considérée comme provenant que des entreprises. Dans l'économie immatérielle, le concept d'innovation s'est démocratisé au niveau des individus [Von Hippel, 2005] [Flowers et al., 2010], et cela de manière ouverte et collaborative. Les individus sont capables d'innover pour eux-mêmes ou au sein de communautés de pratique. Leurs idées, si elles sont bien accompagnées peuvent ouvrir de nouveaux horizons pour des services inédits avec les TIC (e-services) débouchant sur la création d'emplois et le développement des entreprises, donc sur la création de richesses nouvelles ainsi que sur des pratiques sociales renouvelées. Ces dernières seront qualifiées de durables ou soutenables si elles permettent de mieux protéger l'environnement.

Dans ce contexte, l'é-co-innovation est une nouvelle forme d'innovation électronique collaborative qui respecte l'écologie, les écosystèmes, l'éducation et l'éthique et qui a pour enjeu l'économie des connaissances dans la convergence des intelligences [Mercier-Laurent, 2011]. Néanmoins, l'économie des connaissances doit être aussi au service de la société des connaissances du 21ème siècle et ne doit pas s'y substituer [Luyckx Ghisi, 2007]. Par exemple, sur un territoire comme La Réunion, qui représente un mini laboratoire vivant du monde avec la concentration de tous les problèmes planétaires (démographie, chômage, pollution, etc.), il est inéluctable que sans une société des connaissances bien vécue par les citoyens, l'économie des connaissances ne changera pas de modèle : la consommation et la croissance sans limite jusqu'à épuisement des ressources (eau, biodiversité, etc.). Que peuvent donc apporter les TIC dans ce contexte de développement non durable ?

Au delà de la gestion de la matière et de l'énergie qui sont pour l'instant les deux piliers sur lesquels repose la Stratégie Régionale de l'Innovation à La Réunion

UR.LL.TL : UN EXEMPLE DE LIVING LAB POUR DÉVELOPPER L'É-CO-INNOVATION À LA RÉUNION

[SRI, 2010], la gestion de l'information est le troisième maillon indispensable à cette politique. Car c'est elle qui permet de créer du lien, avant de créer du bien ! L'information est à la base de la vie [Ayache, 2008]. Sa mise en forme, c'est-à-dire l'informatique, permet de gérer les flux d'information de manière ordonnée. Néanmoins, les techniques d'Intelligence Artificielle débouchant sur la représentation des connaissances et le Web sémantique ne suffiront pas. Car pour ouvrir et structurer les données, il est d'abord primordial d'établir la confiance entre les porteurs de ces données, et donc de s'ouvrir aux personnes par la communication.

C'est pourquoi nous proposons un modèle de Living Lab avec un exemple (UR.LL.TL) pour mettre en œuvre l'é-co-innovation à La Réunion, afin de resituer la dimension du sujet (l'individu) qui communique au centre de la création des nouveaux produits/services dans la société réunionnaise.

Dans cet article, nous allons expliquer en quoi le concept de Living Lab permet de promouvoir une nouvelle approche holistique fondée sur le Web Sémiotique, combinant toutes les formes de Web (Service Social Sémantique Immersif), et qui s'instancie dans le développement de nouveaux produits/services sur un Plateau de Créativité.

Le modèle "Living Lab"

On trouvera différentes définitions du concept de LL dans la littérature publiée lors de la première école d'été des Living Labs [LLSS, 2010]. Par exemple, un Living Lab est un environnement pour l'innovation centrée utilisateurs, c'est-à-dire fondé sur l'observation des pratiques journalières des usagers afin de résoudre des problèmes, mais aussi sur leur participation active, avec une démarche qui facilite leur influence dans le processus d'innovation ouvert et distribué (participatory design). Le processus engage tous les partenaires concernés sur le terrain, et ayant pour objectif de créer des valeurs d'usage "durables" [Bergvall-Kåreborn et al, 2009]. Comme retombées importantes, on accède à des connaissances pertinentes sur le contexte d'utilisation, des validations précoces dans le marché, des essais dans des environnements familiers aux utilisateurs, des retours d'expérience sur des usagers co-créateurs des outils et applications [Folstad, 2008].

Ce nouveau système d'innovation est un écosystème centré sur l'utilisateur et fondé sur les connaissances ex-

pertes, les services métiers et le capital social, c'est-à-dire le paradigme de l'innovation concurrente [Santoro & Bifulco, 2008]. On parle d'innovation 4P, Partenariat Public-Privé avec les gens (People). Les objectifs sont donc politiques et stratégiques, focalisés sur le rôle social de l'innovation en cherchant à réaliser totalement le potentiel humain par l'accroissement de leur créativité.

Plus concrètement lorsqu'on l'instancie dans un domaine, un Living Lab regroupe des acteurs publics, privés, des entreprises, des associations, des acteurs individuels, dont l'objectif est de concevoir, développer et tester grandeur nature des services, des outils ou des usages nouveaux. Il s'agit de sortir la recherche des laboratoires pour la faire descendre dans la vie de tous les jours, en ayant souvent une vue stratégique sur les usages potentiels de ces technologies. Tout cela se passe en coopération entre des collectivités locales, des entreprises, des laboratoires de recherche, ainsi que des utilisateurs potentiels via des plates-formes d'aide à la conception de services innovants et d'analyse des usages. Il s'agit de favoriser la culture d'ouverture (open innovation), de partager ses réseaux et d'impliquer les utilisateurs dès le début de la conception. G. Garon (2011) en donne une explication très didactique : quand la recherche descend dans la rue ! M. Pallot (2011) en explique l'historique lors d'une conférence sur son application dans le domaine de la santé.

Vers une approche écologique de l'innovation avec les TIC

En ce qui concerne les TIC, nous nous référons à la définition d'un écosystème vivant, constitué d'un réseau de partenaires qui collaborent dans le cadre de projets dédiés à la conception et l'expérimentation de nouveaux produits et services. Les projets d'innovation conduits dans un Living Lab sont articulés aux objectifs des acteurs territoriaux, aux besoins des citoyens, aux savoir-faire des sociétés de technologies et aux compétences de chercheurs en sciences humaines et sociales. Les partenaires mutualisent leurs ressources, partagent des infrastructures matérielles et logicielles, et mettent en œuvre des expérimentations à grande échelle dans des "situations naturelles". L'implication précoce et continue des usagers dans les projets, le recours à des démarches de conception participative et l'analyse des retours d'expérience, tout cela conduit à des innovations adaptées aux besoins [ICT Usage Lab, 2012].

UR.LL.TL : UN EXEMPLE DE LIVING LAB POUR DÉVELOPPER L'É-CO-INNOVATION À LA RÉUNION

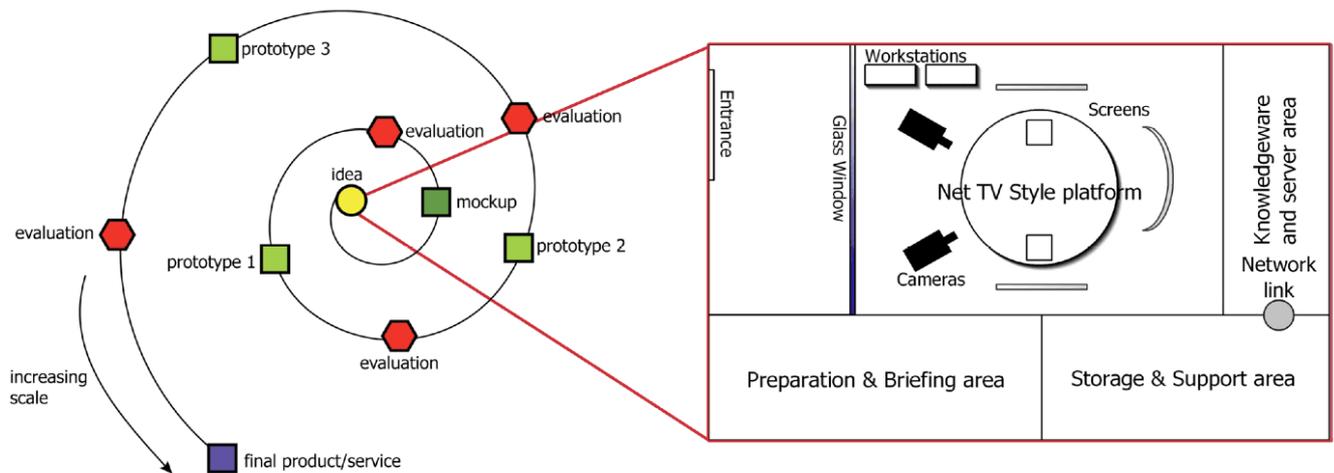


Fig. 1 : le Plateau de Créativité ou de Co-design pour expérimenter des futurs produits/services

En effet, le défi pour les fabricants de e-services est d'impliquer les utilisateurs dans le processus d'innovation, des phases en amont de la recherche et de l'émergence d'idées (idéation) jusqu'aux phases en aval de développement (maquette, prototypes) et d'implantation (produit/service). Cette implication se fait de manière ouverte et collaborative en misant sur l'open source et le partage des signes véhiculés par chaque sujet de la communauté (voir plus bas).

L'exemple du Plateau de Créativité

Nous avons créé une démarche écologique de l'innovation à l'Université de La Réunion avec l'introduction d'un modèle technique, pragmatique et scientifique pour co-construire des e-services, appelé le Plateau de Créativité ou de Co-design.

Dans sa forme technique, le Plateau de Créativité comprend une plateforme multimédia comme celle que l'on trouve dans les studios de télévision, 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).

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 de service

(objets métiers) et du côté de la demande (objets usages) [Conruyt et al, 2005].

En ce qui concerne l'aspect scientifique, le Plateau 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 [Sébastien et al, 2008]. Il sert à mieux comprendre la transformation de l'outil (offre proposée) en instrument (demande motivée) qui, en retour, s'incorpore dans les pratiques.

La méthode est expérimentale et itérative à trois niveaux : non verbal, verbal, écrit. Elle combine : 1) La théorie de la sémiotique biologique ou Biosémiotique [Barbieri, 2007], science qui étudie les phénomènes sémiotiques chez les animaux et chez les humains [Uexküll, 1956]. Dans ce contexte biologique, on met en valeur le rôle des stimuli, des événements et de la perception de manière à expliquer la signification, c'est-à-dire la construction des signes non verbaux ou phénomènes. 2) La théorie de l'activité [Vigotsky, 1930][Engeström, 1987][Nardi, 1996], dont les principes sont spécifiquement orientés vers un modèle socioconstructiviste entre les sujets, les objets et les outils. Ces derniers sont des artefacts, utilisés temporairement, qui deviennent progressivement des instruments, c'est-à-dire réellement utilisés parce qu'ils correspondent à un véritable usage. Il s'agit du modèle des Situations d'Activités Instrumentées de Rabardel (1995) ou chaque individu (sujet) s'exprime verbalement au sein d'une communauté de pratique pour donner du sens à son action qui a une origine phénoménologique. 3) La théorie pragmatique et logique de la signification [Peirce, 1965] fondée sur le processus cyclique AID : Abduction (processus d'idéation du e-service), Induction (prototypage, vérification de l'utilité du e-service avec les usagers pilotes, généralisation à

UR.LL.TL : UN EXEMPLE DE LIVING LAB POUR DÉVELOPPER L'É-CO-INNOVATION À LA RÉUNION

partir d'exemples qui fonctionnent), et Déduction (mise en œuvre du e-service avec les utilisateurs ciblés, formalisation et documentation).

L'é-co-innovation

Entre créativité et innovation, Mercier-Laurent (2011) propose une vision holistique de l'innovation pour inventer le futur. Dans le schéma suivant, on constate l'importance des conditions de développement de l'innovation dans 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.

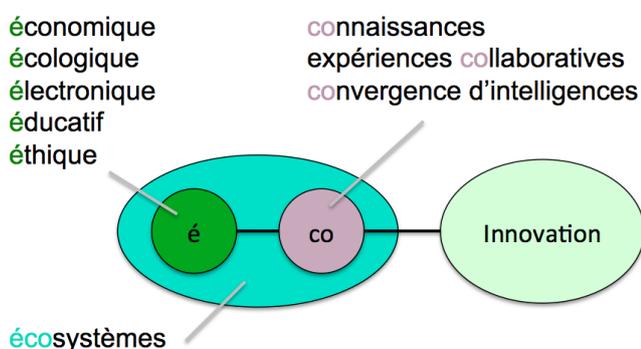


Fig. 2 : l'é-co-innovation

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. 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, 2006]. 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 scientifique sur l'innovation, 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, 1992].

La gestion des Signes

La gestion des Signes est le nouvel écosystème de gestion des connaissances que nous souhaitons promouvoir sur notre Plateau de Créativité à La Réunion dans les domaines de la Nature (gestion de la biodiversité) et de la Culture (apprentissage musical instrumental). En effet, la Connaissance n'est pas une chose qui est donnée par l'environnement et qui peut être observée indépendamment du Sujet. Du fait qu'elle est subjective et qu'elle réside dans la tête des individus, elle ne peut pas être "gérée". Seule l'Information qui est transmise entre des individus de manière orale, écrite, numérisée et codifiée peut être gérée. L'Information est la forme du Signe (Informare (lat.) = donner une forme, décrire). Elle repose sur la Donnée qui est un fait ou événement immédiat et localisé. La Connaissance est la partie du Signe qui lui donne du sens dans l'esprit de quelqu'un. C'est pourquoi nous pensons que la gestion des Signes est plus centrale que la gestion des Connaissances pour é-co-innover, car elle replace le Sujet (interprète) au cœur de l'Objet (interprété).

Nous définissons dans la figure 3 un Signe comme l'interprétation d'un Objet par un Sujet en un lieu et un temps donnés, qui prend en compte à la fois son contenu (Donnée, Objet), sa forme (Information), et son sens (Connaissance).

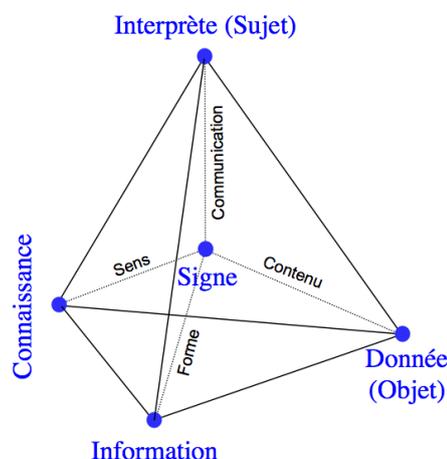


Fig. 3 : le tétraèdre du signe (statique)

UR.LL.TL : UN EXEMPLE DE LIVING LAB POUR DÉVELOPPER L'É-CO-INNOVATION À LA RÉUNION

Ensuite, nous introduisons le processus de Signification dans la figure 4, littéralement la construction du Signe, appelée Semiosis. Celle-ci prend les différents composants du Signe dans un certain ordre pour résoudre un problème : le Sujet effectuant une Interprétation doit d'abord être réceptif à son milieu (1, désirer) et rechercher de l'Information pour agir dans une certaine direction (Volition). Ensuite, les faits et événements (Données, Objets) sont capturés et lui permettent de se positionner dans l'espace et dans le temps afin de préparer une Action (2, faire). Puis la Connaissance individuelle est activée dans sa mémoire pour comparer la situation actuelle avec ses expériences passées, élaborer une hypothèse (3, connaître) pour prendre une décision (Cognition) (4, décider) de manière itérative, soit en la mémorisant pour soi (5, réflexion), devenant ainsi un savoir-faire personnel, soit en la communiquant aux autres individus comme une Information dans l'environnement (6, faire-savoir). Comme on peut le voir dans la figure 4, la spirale du Signe est un processus continu inclus dans le tétraèdre du Signe.

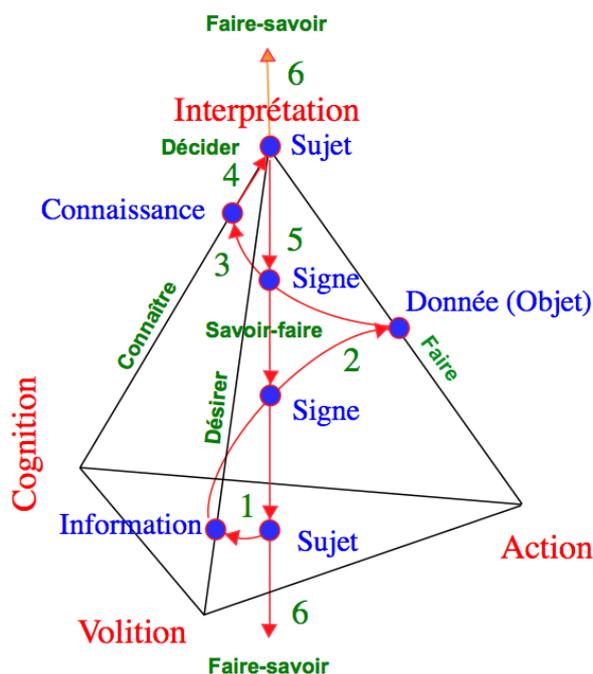


Fig. 4 : le processus de signification (dynamique)

Par conséquent, la signification est le processus psychologique clé orienté sur les usages des technologies, et qui donne du sens pour pratiquer la recherche et le développement avec les gens au sein d'un Living Lab en appliquant la gestion des Signes (Web sémiotique) sur un Plateau de Créativité.

Le Web Sémiotique et l'IA

Le Web Sémiotique est pour nous l'avenir du Web sémantique en IA : "The Web of Signs rather than the Web of Thing". Le Web Sémiotique est plus général que le Web Sémantique car il permet de gérer des Signes (Données, Informations, Connaissances) et non pas seulement des Connaissances. Les recherches menées en IA jusqu'à maintenant n'ont pas suffisamment étudié les interprétations des usagers face aux technologies proposées (data mining, classification, knowledge management). C'est peut-être la raison pour laquelle on ne trouve pas beaucoup de plateformes logicielles utilisables directement par les utilisateurs finaux dans un domaine. Pour prendre un exemple dans le domaine de la gestion de la biodiversité, le logiciel IKBS (Iterative Knowledge Base System) est utilisé par les experts systématiciens (voir figure 5) lorsqu'ils décrivent des échantillons de coraux pour alimenter leur base de connaissances [Conruyt et Grosser, 2007].

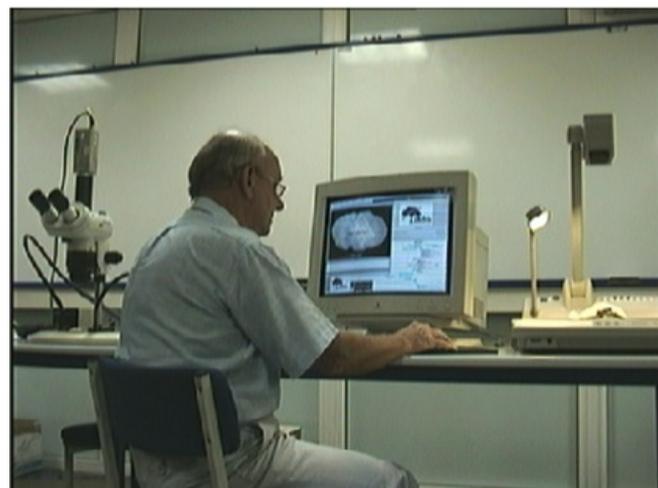


Fig. 5 : Un spécialiste des coraux (M. Pichon) au travail avec IKBS.

Il a fallu pour cela bâtir des logiques descriptives avec eux pour qu'ils retrouvent leur manière d'observer dans la construction du modèle descriptif [Le Renard et Conruyt, 1994]. Appelé anciennement "Background Knowledge" en IA, il se nomme aujourd'hui "Ontologie" du domaine. Ces logiques descriptives sont le versant usage des logiques de description en IA et ne doivent pas être confondues. En effet, la représentation des connaissances en machine qui est le fondement du Web Sémantique et de l'IA n'est que l'aspect métier du processus de gestion des Signes. L'autre aspect est l'usage de la représentation, c'est-à-dire la signification qui est le processus continu et itératif d'utilisation des signes dans la

UR.LL.TL : UN EXEMPLE DE LIVING LAB POUR DÉVELOPPER L'É-CO-INNOVATION À LA RÉUNION

pensée humaine pour acquérir des Objets interprétés par des Sujets.

Notre objectif est que les significations entre un émetteur et un récepteur d'information (que ce soit lui-même ou une autre personne) portent leurs fruits pour la communication humaine, c'est-à-dire qu'il y ait accord entre elles (cohérence, consensus). Le Web Sémantique s'appuie sur le Signe linguistique [Saussure, 1916] en combinant la forme (signifiant) et le sens (signifié) dans une dyade. Le Web Sémiotique, dans sa version historique [Peirce, 1965] ajoute la dimension pragmatique du Signe dans une triade en intégrant les référents qui sont les données observées par les Sujets. Dans notre version éco-systémique du Web Sémiotique, la dimension collaborative émerge au sein d'un tétraèdre pour être capable d'élaborer une médiation entre diverses personnes, les enseignants d'un côté, et les apprenants de l'autre, pour qu'ils se comprennent.

Il s'agit là d'une idée simple pour l'é-co-innovation, celle de remettre les Sujets qui communiquent au cœur de la fabrication des e-services. En IA, il s'agira de confronter les interprétations des individus en acceptant le constat que les Objets métiers sont construits de manière subjective par chaque Sujet et non pas donnés objectivement par l'environnement. A chaque Objet métier que l'on cherchera à classifier par des méthodes inductives et déductives correspond un Objet usage porteur de sens pour l'individu expert ou naïf qui l'interprète par abduction (intuition a priori). Certains sujets ont développé un savoir-faire qualitatif qui peut être valorisé et partagé (Co-learning).

Notre idée du Web Sémiotique en IA est au cœur de l'é-co-innovation : en plus de la relation qui met en valeur la dimension sociale du Web (Web 2.0), en plus des données et des connaissances qui valorisent la dimension technologique du Web (Web service, Web sémantique), il existe une autre dimension naturelle et humaine à la fois psychologique et philosophique qui initie le processus de signification. Nous pensons que le Web immersif, permettant un accès aux informations par une immersion à la fois en creux (jeux sérieux) et en bosse (mobilité), est une source de motivation pour les jeunes générations. Notre Living Lab sur le territoire de l'île de La Réunion est donc positionné sur cette thématique du "Teaching and Learning by Playing" pour faciliter la communication entre les Sujets.

Le Web Sémiotique est donc un nouveau paradigme en éducation pour l'Internet du Futur [Conruyt et al., 2012]. Il vise par exemple à associer la sémantique des humains avec celles des machines pour montrer les savoir-faire par du multimédia annoté dans des connaissances

écrites et formalisées, telles les monographies et les partitions électroniques au format XML augmentées par des vidéos HD et des simulations 3D.

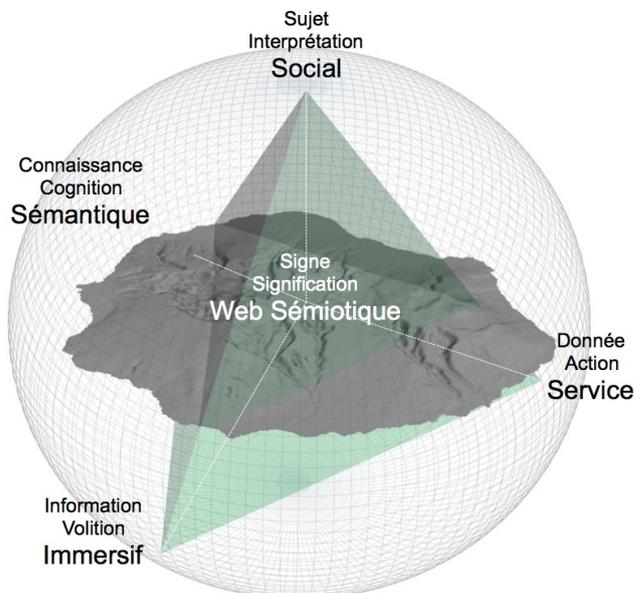


Fig. 6 : les quatre dimensions du Web Sémiotique : Service Social Sémantique Immersif

La gestion des Signes sur un Plateau de Créativité a été appliquée dans le cadre de trois projets à l'Université de La Réunion, le premier en gestion de la biodiversité [Conruyt & Grosser, 2007], le second en e-learning instrumental [Conruyt et al., 2010] et le troisième dans le domaine des jeux sérieux (learning games) [Sébastien et al., 2008]. Cela a permis la reconnaissance par le label Living Lab de cette démarche é-co-innovante au niveau européen.

L'exemple UR.LL.TL

Le Living Lab UR.LL.TL a été labellisé par ENoLL, le réseau européen des Living Labs, en 2011. Il s'agit d'une plateforme TIC de valorisation des idées issues des individus créatifs, afin qu'elles puissent se développer dans un écosystème facilitant l'éclosion de produits et services innovants débouchant sur l'incubation d'entreprises.

A La Réunion, nous avons constaté que dans la chaîne de l'innovation conduisant de l'idée au produit/service utilisé et commercialisable, il y a nécessité de mettre en œuvre une étape primordiale, celle qui mène de l'idée au prototype, en passant par le Co-design du concept, de la maquette, et des différents pilotes à expérimenter. Le chaînon manquant que nous avons identifié à l'UR est

UR.LL.TL : UN EXEMPLE DE LIVING LAB POUR DÉVELOPPER L'É-CO-INNOVATION À LA RÉUNION

celui de l'insémination d'idées jusqu'au prototype incubé dans une entreprise innovante.

Dans ce cadre, UR.LL.TL a pour vocation d'accueillir des chercheurs, des entrepreneurs et des usagers pour les aider à développer des projets de co-création de e-services éducatifs dans les divers domaines caractérisant la spécificité et les atouts de l'île de La Réunion pour son développement durable.

Il s'agit d'accompagner le processus d'idéation-conception de personnes talentueuses (lead users) qui veulent développer des outils au service d'un usage bien déterminé dans un domaine particulier. Par exemple, l'idée en biodiversité est de "mieux connaître son environnement pour mieux le préserver, car on ne protège que ce que l'on connaît et apprécie", l'idée en apprentissage musical est d'amener le professeur à domicile en proposant de mimer le geste qui permet de produire le bon son, de le ralentir, de boucler sur un passage, ou encore de se mettre dans les yeux du professeur pour avoir sa propre vue subjective.

Les chercheurs proviennent de différentes disciplines présentes à l'UR (producteurs de contenus dans divers domaines, éditeurs de ces contenus pour leur mise en forme, et distributeurs de ces contenus sur les réseaux sociaux). Les producteurs de contenus appartiennent à différents laboratoires thématiques (sciences biologiques et physiques, sciences humaines et sociales, sciences économique et juridiques, etc.). Les éditeurs sont des informaticiens et des infographistes et les distributeurs sont des communicants et des opérateurs.

L'objet central de UR.LL.TL autour duquel se réunit cette équipe transdisciplinaire est un e-service d'éducation (Teaching & Learning) pour valoriser le développement durable du territoire. Pour cela, les chercheurs sont entourés par des usagers de ce nouveau produit/service, qui sont des étudiants issus des formations de Master (STIC, InfoCom) et de l'école d'ingénieur ESIROI (STIM, IDAI, CODE). Ces usagers sont des imagineurs, des innovateurs avant de devenir des entrepreneurs.

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

Conclusion

Un Living Lab regroupe des acteurs publics, privés, des entreprises, des associations, des acteurs individuels,

dont l'objectif est de concevoir, développer et tester grandeur nature des services, des outils ou des usages nouveaux. Il s'agit de sortir la recherche des laboratoires pour la faire descendre dans la vie de tous les jours, en ayant souvent une vue stratégique sur les usages potentiels de ces technologies. Tout cela se passe en coopération entre des collectivités locales, des entreprises, des laboratoires de recherche, ainsi que des utilisateurs potentiels via des plates-formes d'aide à la conception de services innovants et d'analyse des usages. Il s'agit de favoriser la culture d'ouverture (open innovation), partager ses réseaux et impliquer les utilisateurs dès le début de la conception.

Les Living Labs inventés au MIT sont alors des lieux de rencontre entre chercheurs, entrepreneurs et usagers pour co-construire ces e-services, depuis l'idée jusqu'au prototype réellement utilisé. Ces lieux remettent l'humain au cœur du dispositif d'innovation. Ils confèrent ainsi la dimension sociale des connaissances souhaitée par la Commission Européenne (smart, inclusif, ouvert) pour un Horizon 2020 avec les citoyens. Cette dimension de vie humaine est un préalable à l'économie des connaissances car elle procure le désir nécessaire aux individus pour s'engager dans le processus d'innovation avant la création d'une entreprise. Sans cette motivation, innover ne veut rien dire au niveau de la personne.

C'est ainsi tout l'enjeu du développement du Living Lab UR.LL.TL à La Réunion sur d'autres thématiques pour qu'il devienne un véritable laboratoire vivant du monde avec les gens, abritant un plateau de créativité pour co-construire de nouveaux e-services sur des thématiques de développement responsable (tourisme, agro-alimentaire, biodiversité, énergie, urbanisme, construction, etc.) souhaité par le projet "Réunion Ile Verte" de la Stratégie Régionale de l'Innovation.

Par définition, les Living Labs sont des lieux d'insémination d'idées pour les personnes car ils favorisent les rencontres, qu'elles soient fortuites (sérendipité) ou pas. Les usagers motivés (lead users) peuvent alors expérimenter leurs concepts, maquettes et prototypes en amont des incubateurs. Ces derniers ont pour vocation d'accompagner les usagers vers la création d'une entreprise une fois le prototype bien utilisé et répondant par une offre appropriée à la demande tant sociale qu'en terme de marché.

A la Réunion sur la Technopole nord (TECHNOR), la CINOR et l'Université souhaitent développer ce projet d'innovation par les usages recommandé par la Commission Européenne, afin de favoriser la détection des idées et faire la preuve de leurs concepts (de la maquette au prototype) avant leur mise sur le marché.

UR.LL.TL : UN EXEMPLE DE LIVING LAB POUR DÉVELOPPER L'É-CO-INNOVATION À LA RÉUNION

Le Living Lab devrait intégrer le Centre d'Affaires International que la CINOR entend réaliser sur la Technopole de Saint-Denis, pour s'inscrire dans les réseaux européens et mondiaux, seule possibilité pour les usagers, les entreprises, mais aussi les chercheurs de pouvoir exporter leurs savoir-faire dans l'Internet du Futur. En effet, en matière de Web social, Web ubiquitaire et immersif, Web sémantique, Web des informations et de la communication, les jeunes réunionnais ne sont pas en reste : des formations mêlant contenus et TIC sont présentes sur TECHNOR (école d'ingénieurs ESIROI, Master STIC, Master INFOCOM). Elles pourraient développer leurs synergies interdisciplinaires dans l'ingénierie des contenus sur le plateau multimédia.

Mais il reste à développer une véritable stratégie de décloisonnement de l'innovation avec les TIC, qui tienne mieux compte de la dimension des usages, et pas seulement de la technologie, pour que les citoyens européens de La Réunion puissent s'inscrire dans la dynamique de démocratisation de l'innovation, à la fois ouverte et ascendante avec les gens souhaitée par la société de la connaissance du XXIe siècle.

Le Living Lab "Réunion" devrait à ce titre bien porter son nom. . .

Remerciements

Nous souhaitons particulièrement remercier la CINOR (www.cinor.org) pour soutenir la préfiguration du Living Lab UR.LL.TL comme exemple d'é-co-innovation sur la Technopole Nord de La Réunion.

Références

- Ayache, G. (2008) Homo sapiens 2.0. Introduction à une histoire naturelle de l'hyperinformation, Max Milo Editions.
- Barbieri, M. (2007) Introduction to Biosemiotics. The new biological synthesis. Springer. <http://www.biosemiotics.org/>, visité le 10/11/12
- Bergvall-Kareborn, B.; Ihlström, E.C.; Stahlbråst, A.; Svensson, J. (2009) A milieu for innovation : defining living labs, Proceedings of the 2nd ISPIM innovation symposium : Simulating recovery - the Role of innovation management, New York City, USA 6-9 December, 12 p.
- Conruyt, N.; Sebastien, 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>, visité le 10/11/12].
- Conruyt, N.; Grosser, D. (2007) Knowledge management in environmental sciences with IKBS : application to Systematics of Corals of the Mascarene Archipelago, Selected Contributions in Data Analysis and Classification, Series : Studies in Classification, Data Analysis, and Knowledge Organization, Brito, P.; Bertrand, P.; Cucumel, G.; De Carvalho, F. (Eds.), pp. 333-344, Springer, ISBN : 978-3-540-73558-8.
- Conruyt, N.; Sébastien, O.; Sébastien, V.; Sébastien, D.; Grosser, D.; Calderoni, S.; Hoarau, D.; Sida, P. (2010) From Knowledge to Sign Management on a Creativity Platform, Application to Instrumental E-learning, 4th IEEE Int. Conference on Digital Ecosystems and Technologies, DEST'2010, April 13-16, Dubaï, UAE.
- 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.
- Engeström, Y. (1987) Learning by expanding : an activity-theoretical approach to developmental research, Orienta-Konsultit Oy, Helsinki.
- Flowers, S.; von Hippel, E.; de Jong, J.; Sinozic, T. (2010) Measuring user innovation in the UK - The importance of product creation by users. NESTA Report, London.
- Folstad, A. (2008) Living Labs for innovation and development of information and communication technology : A literature review, The Electronic Journal for Virtual Organizational and Networks, vol. 10, special issue on Living Labs, pp. 99-131.
- Garon, G. (2011) Living Lab : quand la recherche descend dans la rue, les soirées des grands communicateurs, oct. 2011, Montreal [<http://www.geoffroigaron.com/2011/10/evenements/living-lab-101/>, visité le 10/11/12].
- ICT Usage Lab (2012) <http://www.ictusagelab.fr/FranceLivingLabs/association/fichell/ict-usage-lab>, visité le 10/11/12.

UR.LL.TL : UN EXEMPLE DE LIVING LAB POUR DÉVELOPPER L'É-CO-INNOVATION À LA RÉUNION

- Le Renard, J. ; Conruyt, N. (1994) On the representation of observational data used for classification and identification of natural objects, LNAI, IFCS'93, 308-315. LLSS (2010) Living Lab Summer School, first European Living Lab Summer School, 25-27 August 2010, Cité des Sciences, Paris [http://www.ictusagelab.fr/ecoleLL/content/literature, visité le 10/11/12]
- Luyckx Ghisi, M. (2007) La société de la connaissance : une nouvelle vision de l'économie et du politique, Les Editions romaines, Luxembourg. [http://www.leseditionsromaines.biz/2009/04/marc-luyckx-ghisi-la-societe-de-la-connaissance/, visité le 10/11/12].
- Maslow, A.H. (1943) A Theory of Human Motivation, Psychological Review Vol 50, No 4, 1943, p. 370-96. [http://psychclassics.yorku.ca/Maslow/motivation.htm, visité le 10/11/12].
- Mercier-Laurent, E. (2011) Les écosystèmes de l'innovation, éditions Hermes-Lavoisier.
- Nardi, B.A. (1996) Context and Consciousness : Activity Theory and Human-Computer Interaction. MIT Press, Cambridge, MA.
- Pallot, M. (2011) Le développement de Living Labs, Colloque TIC Santé, Formatic, Paris [http://www.canal-u.tv/video/canal_u_medicine/formatic_paris_2011_le_developpement_du_living_labs.6719, visité le 10/11/12].
- Peirce, C.S. (1965) Elements of Logic, In Collected Papers of C. S. Peirce (1839 - 1914), C. H. Hartshorne & P. Weiss, Eds. The Belknap Press, Harvard Univ. Press, Cambridge, MA. Rabardel, P. (1995) Les Hommes et les Technologies, approche cognitive des instruments contemporains, Ed. Armand Colin, 240 p. [http://ergoserv.psy.univ-paris8.fr/Site/, visité le 10/11/12].
- Santoro, R. ; Bifulco, A. (2006) ESoCE-NET White Paper : The "Concurrent Innovation" paradigm for Integrated Product/Service Development. [http://www.esoce.net, visité le 10/11/12].
- Saussure de, F. (1916) Nature of the Linguistics Sign, in : Charles Bally & Albert Sechehaye (Ed.), Cours de linguistique générale, McGraw Hill Education.
- Sebeok, T.A. ; Umiker-Sebeok J. (eds.) (1992) Bio-semiotics : The Semiotic Web 1991. Berlin : Mouton de Gruyter.
- Sébastien, O. ; Conruyt, N. ; Grosser, D. (2008) Defining e-services using a co-design platform : Example in the domain of instrumental e-learning, Journal of Interactive Technology and Smart Education, Vol. 5, issue 3, pp. 144-156, ISSN 1741-5659, Emerald Group Publishing Limited.
- Sébastien, D. ; Sébastien, O. ; Conruyt, N. (2008) 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.
- Shapiro, J. A. (2007) Bacteria are small but not stupid : cognition, natural genetic engineering and sociobacteriology, Studies in History and Philosophy of Biological and Biomedical Sciences, Vol 38, 2007, p. 807-819. [http://shapiro.bsd.uchicago.edu/bacteria.html, visité le 10/11/12].
- SRI (2010) Stratégie Régionale de l'Innovation, La Réunion [http://www.wereunion.re/doing-business-in-la-reunion/innover/innover-une-priorite-pour-le/article/la-strategie-regionale-d, visité le 10/11/12].
- 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. franç. 1956) Mondes animaux et monde humain suivi de La théorie de la signification, éditions Gonthier, 167 p.
- UR.LL.TL (2011) University of Reunion Island Living Lab for Teaching and Learning [http://www.ictusagelab.fr/FranceLivingLabs/association/fichell/urlltl-living-lab-teaching-and-learning-reunion, visité le 10/11/12].
- Von Hippel, E. (2005) Democratizing Innovation, Cambridge, MA : MIT Press.
- Vygotski, L.S. (1930 [1985]) Mind and Society. MIT Press, Cambridge, MA.

Créativité et assistance informatique

Nathalie Bonnardel

Pr. de Psychologie ergonomique à l'Université d'Aix-Marseille — — — AMU (auparavant Université de Provence)
 Responsable de l'équipe Cognition, Emotion et Expertise du Centre de recherche en Psychologie de la
 Connaissance, du Langage et de l'Emotion (PsyCLE, E.A. 3273) Directrice du Master spécialité Ergonomie :
 facteurs humains et ingénierie des systèmes d'information

29, avenue Robert Schuman
 13621 Aix-en-Provence cedex 1
 Tel : 04 13 55 37 40

Nathalie.Bonnardel@univ-amu.fr

<http://sites.univ-provence.fr/wpsycle/membres/enseignants/bonnardel.html>

Thème général

Les activités de conception créatives sont omniprésentes dans notre société. Ainsi, notre environnement quotidien comporte une multitude d'objets qui ont préalablement requis une activité de conception, qu'il s'agisse d'un site Web, d'un produit "design", d'un véhicule, et qui peuvent être considérés comme correspondant à des innovations. Quels que soient les domaines considérés, les concepteurs doivent développer des produits à la fois novateurs et adaptés aux utilisateurs et, ainsi, faire preuve de créativité (Bonnardel, 2006). En effet, de plus en plus d'entreprises chargées de la conception de produits ont pour objectif d'introduire sur le marché, de façon régulière et rapide, des produits innovants ou présentant une certaine créativité, afin de se démarquer des sociétés concurrentes. Parvenir à des produits créatifs, c'est-à-dire à la fois novateurs et adaptés aux futurs utilisateurs, se révèle particulièrement complexe (Bonnardel, 2009). D'une part, même si les professionnels, en l'occurrence les concepteurs chargés de la conception de nouveaux produits, expriment leur volonté d'être créatifs et de parvenir à des propositions (ou des solutions de conception) créatives, leur tâche est loin d'être aisée. D'autre part, des productions qui seraient originales sans pour autant être adaptées aux utilisateurs pourraient entraîner des difficultés d'utilisation du produit qui a été conçu, voire un abandon de son utilisation. Compte tenu de ces enjeux, plusieurs objectifs peuvent être poursuivis : (1) mettre en œuvre des méthodes de "conception centrées-utilisateurs" et réaliser des tests utilisateurs afin de parvenir à des produits adaptés aux utilisateurs, (2) comprendre la complexité des processus impliqués dans

les activités de conception créatives, et (3) proposer des modalités d'assistance à ces activités, en particulier au moyen de systèmes informatiques. Le premier objectif correspond classiquement à certaines finalités des interventions en ergonomie. Les deux autres objectifs, plus novateurs, sont l'objet de recherches au sein de l'équipe Cognition, Emotion et Expertise du centre de recherche PsyCLE. Plus précisément, nous poursuivons un double objectif :

- analyser les processus individuels et collectifs⁴ qui sont mis en œuvre dans les activités de conception créatives ;
- participer au développement et à l'évaluation de systèmes informatiques d'aide aux activités de conception.

Ces deux finalités donnent également lieu à des collaborations nationales et internationales avec d'autres structures de recherche.

Analyse des processus impliqués dans les activités de conception créatives

Plusieurs méthodes sont mises en œuvre au sein de notre équipe afin de mieux comprendre les différents facteurs et processus qui sont impliqués dans les activités de conception créatives.

1. Des observations, des entretiens semi-structurés et des questionnaires sont mis en place auprès de concepteurs débutants ou de professionnels bénéficiant de plusieurs années d'expérience dans le do-

4. Les processus individuels et leur assistance seront plus particulièrement détaillés ici.

maine, afin d'analyser à la fois leurs tâches, leurs activités et la représentation qu'ils ont de leur propre processus de conception créatif. Pour cela, nous nous référons, plus particulièrement, à l'approche multivariée de la créativité (cf. Lubart et al., 2003) qui présente l'intérêt de rendre compte à la fois des caractéristiques des individus pouvant faire preuve de créativité ainsi que des conditions environnementales.

2. Des batteries de tests, telles que celles élaborées par l'équipe du LATI (Université Paris 5 — — R. Descartes), sont proposées aux participants, qu'il s'agisse de designers professionnels ou d'étudiants en design. Ces différents types de méthodes permettent d'analyser différents facteurs contribuant au développement du potentiel créatif des concepteurs : les facteurs cognitifs (ex. : le niveau de connaissances dans le domaine), les facteurs conatifs (ex. : les traits de personnalité), les facteurs émotionnels et les facteurs environnementaux (par exemple, liés à l'utilisation de certains outils de conception ou de systèmes d'aide à la conception). Ces méthodes ont récemment été mises en œuvre dans le cadre du contrat ANR CREAPRO⁵ afin de comparer les facteurs impliqués dans différents contextes de création (ex. : comparaison du design et de la créativité scientifique, littéraire ou artistique).
3. Des expérimentations portant sur des situations individuelles de conception créative sont mises en place, depuis des années, afin d'approfondir certains processus considérés comme majeurs. Ces travaux ont la particularité de reposer sur une méthode expérimentale tout en étant réalisés sur le terrain auprès d'étudiants "tout venant", d'étudiants en design et de designers professionnels. De tels travaux ont pour finalité une meilleure compréhension du fonctionnement cognitif des concepteurs et de leurs besoins en termes d'aide ou d'assistance. Ainsi, plusieurs études ont permis d'approfondir deux types de processus mis en exergue dans le modèle A-GC (Bonnardel, 2006, 2009) : la réalisation d'analogies et la gestion de contraintes. Des expériences, réalisées auprès de nombreux participants (designers professionnels, étudiants en design et novices), ont notamment permis de montrer que la réalisation d'analogies peut, selon la nature des analogies et le niveau d'expertise dans le domaine, permettre aux concepteurs d'élargir leur espace de recherche d'idées (cf. Bonnardel & Marmèche,

2004, 2005). Ce processus concourt ainsi au caractère novateur des idées que les concepteurs vont développer pour concevoir le produit considéré. Selon Bonnardel (2006), l'évocation de sources d'inspiration sert alors non seulement à la résolution du problème de conception mais aussi à la construction et à l'évolution des représentations mentales des concepteurs. D'autres études ont porté sur la gestion de contraintes (cf., par exemple, Bonnardel, 1999; Chevalier & Bonnardel, 2007) qui joue, à notre avis, un rôle important à la fois lors de la définition/redéfinition du problème de conception, lors de la génération d'idées et lors de leur évaluation, en permettant aux concepteurs de rechercher des solutions de conception adaptées au contexte et aux utilisateurs des futurs produits. Les contraintes permettent ainsi d'orienter la réalisation d'analogies et de circonscrire progressivement l'espace de recherche en fonction des connaissances du concepteur et du contexte ou de la situation courante (cf. Bonnardel, 2006). Des travaux en cours, dans le cadre du contrat de recherche CREAPRO, sont actuellement réalisés dans un contexte pédagogique afin de comparer des conditions de conception mettant en avant la gestion de contraintes ou l'évocation d'idées novatrices.

4. Des expérimentations portant sur des situations collectives de conception créative ont aussi été mises en place et vont être poursuivies dans le cadre d'un nouveau contrat ANR. Des méthodes d'observation, d'analyse et de formalisation des activités collectives, telles que la méthode EORCA (cf. Pellegrin, Gaudin, Bonnardel, & Chaudet, 2010), vont notamment être utilisées.

Modalités d'assistance aux activités de conception créatives

Les résultats obtenus au moyen des différentes méthodes évoquées ci-dessus nous ont permis d'identifier les principaux besoins de concepteurs débutants et professionnels et ainsi de définir trois principaux objectifs en vue d'une assistance informatique (cf. Bonnardel, 2006, 2012) : (1) favoriser l'émergence d'idées créatives par une ouverture à des sources d'inspiration variées, (2) faciliter l'évaluation des solutions envisagées par les concepteurs, et (3) faciliter l'externalisation des idées, c'est-à-dire l'élaboration de représentations externes des idées

5. Contrat ANR CREAPRO (ANR-08-CREA-038) donnant lieu à une collaboration entre l'Université Paris 5, l'Université d'Aix-Marseille, l'Université de Rennes 2, l'Université Bordeaux 1 et le CNRS.

évoquées pour les produits à concevoir, et ce faisant favoriser la définition-redéfinition du problème de conception. Dans la continuité de cette analyse, nous participons (ou avons participé) au développement et/ou à l'évaluation de différents systèmes d'aide aux activités de conception contribuant à ces trois types d'objectifs (Bonnardel & Zenasni, 2010).

Favoriser l'émergence d'idées créatives

Les résultats des études expérimentales que nous avons conduites auprès de designers professionnels, expérimentés ou novices, nous ont permis de proposer des recommandations en vue du développement de systèmes d'aide visant à exploiter la réalisation d'analogies avec des objets existants (Bonnardel & Marmèche, 2004, 2005). Le fonctionnement de certains environnements informatiques, comme le système TRENDS⁶ (Bouchard, Omhover, Mougenot, Aoussat, & Westerman, 2008), est ainsi conforme à de telles recommandations. Lors de l'utilisation du système TRENDS, les concepteurs doivent saisir, dans le système, des mots-clefs qu'ils associent à l'objet à concevoir. Sur de telles bases, l'environnement informatique leur propose des images intra- et inter-domaines dont ils peuvent s'inspirer pour concevoir l'objet demandé (cf. Figure 1). Une étude expérimentale a permis d'analyser l'utilisation effective de ce système en fonction du niveau d'expertise des concepteurs (Bonnardel & Bouchard, 2011). D'autres études ont également permis d'étudier l'impact de l'utilisation de ce système lors de la tâche de réalisation d'esquisses (Mougenot et al., 2008).

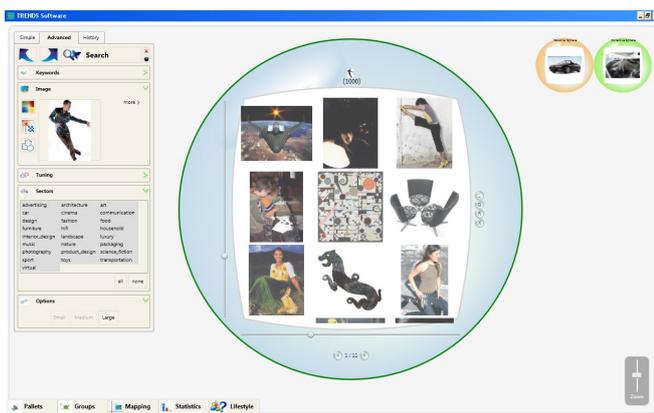


Fig. 1 : le système Skippi (source www.trendsproject.org)

6. Système développé à ParisTech Arts & Métiers dans le cadre du contrat européen TRENDS (STREP-FP6-IST-27916) financé par la Commission européenne et donnant lieu à une collaboration entre Arts & Métiers ParisTech, l'INRIA, l'Université de LEEDS, l'Université de CARDIFF et les sociétés PERTIMM, ROBOTIKER, FIAT et STILE BERTONE.

D'autres recherches, actuellement en cours dans le cadre du contrat ANR SKIPPI, ont permis de développer d'autres modalités d'assistance à l'émergence d'idées créatives, visant à exploiter l'établissement de relations entre des mots-clefs (cf. Figure 2). L'objectif est ainsi d'aider les concepteurs à concevoir de nouveaux produits en tenant compte à la fois des émotions qui peuvent être véhiculées par ces produits et de la valeur de marque qui leur est associée.



Fig. 2 : le système Skippi (source www.trendsproject.org)

Faciliter l'évaluation des solutions de conception

Les options de conception ou les solutions de conception peuvent être considérées par le concepteur lui-même comme satisfaisant à la fois les critères et les contraintes qu'il s'est fixés et/ou qui lui ont été imposés, mais elles peuvent aussi s'avérer partiellement insatisfaisantes et, dans ce cas, demander une redéfinition dans le cadre d'un cycle d'élaboration-évaluation (Bonnardel, 1999). Cette "évaluation réflexive" (ou auto-évaluation par le concepteur lui-même) peut, selon l'état d'avancement du projet, être complétée par des tests utilisateurs auprès de personnes représentatives des futurs utilisateurs visés. Néanmoins, dans les étapes de "early design", ces solutions sont initialement définies de façon incomplète et imprécise. Aussi, le concepteur doit parvenir à simuler mentalement le fonctionnement des solutions qu'il envisage et l'évaluation peut se révéler particulièrement complexe si un grand nombre de contraintes et de critères doit être pris en compte (Bonnardel & Sumner, 1996). Des systèmes informatiques, dits "systèmes critiques", ont été développés à l'Université du Colorado (Boulder, USA) afin d'assister les concepteurs dans leur activité d'évaluation. Nous avons ainsi participé au développement et à l'évaluation de systèmes d'aide à l'évaluation de solutions. Cela a notamment été le cas du système VDDE (Voice

Dialog Design Environment) qui fournit aux concepteurs des messages critiques indiquant les faiblesses des solutions de conception, en l'occurrence des options envisagées pour des interfaces utilisateurs. En outre, une étude mise en place auprès de concepteurs professionnels, nous a permis de montrer les bénéfices de l'utilisation de ce système, qui se révèlent dépendre du niveau d'expertise dans le domaine (cf. Bonnardel & Zenasni, 2010).

Faciliter l'externalisation des idées et la définition-redéfinition du problème

Pour concevoir des produits à la fois nouveaux et adaptés au contexte, les concepteurs doivent prendre en compte les attentes de leurs clients ou commanditaires, mais ces derniers ne leur font pas toujours part d'objectifs clairs et, même lorsque c'est le cas, les informations obtenues ne permettent pas de savoir précisément comment sera l'artefact ou le produit en question. Aussi, la phase de construction de la représentation mentale du problème — — — ou de définition du problème de conception — — — ne peut être dissociée de celle de résolution proprement dite. Cette définition-redéfinition (ou formulation-reformulation) du problème de conception est facilitée par la mise en œuvre d'un processus d'externalisation, c'est-à-dire par la création et la modification de représentations externes consistant souvent, initialement, en des esquisses. Selon Schön (1983), cela permet une "conversation réflexive", c'est-à-dire l'instauration d'un dialogue entre le concepteur et les représentations graphiques qu'il produit. D'autres types de représentations externes consistent en des dessins techniques ou des plans, en des modélisations 3D virtuelles réalisées avec des outils de CAO ou encore en des maquettes physiques, ce qui permet aux concepteurs de représenter de façon précise leurs solutions. Néanmoins, l'inconvénient des outils de CAO est qu'ils requièrent l'utilisation complexe de différentes fonctionnalités pour parvenir à représenter les solutions de conception. Quant aux maquettes physiques, des modifications non prévues initialement peuvent se révéler difficiles en cours d'élaboration, voire impossibles après leur réalisation concrète. Ces deux types d'inconvénients limitent les possibilités de conversation réflexive entre le concepteur et les représentations externes de ses idées. Aussi, dans le cadre du contrat européen Touch and Design⁷ (T'nD), notre objectif a été de s'inspirer des gestes effectués lors de la réalisation de maquettes physiques pour développer des modalités d'interaction Humain-Machine basées sur de tels

gestes, en évitant (ou limitant au maximum) l'utilisation de la souris et du clavier, mais en offrant des fonctionnalités classiques pour les systèmes informatiques (par exemple, l'annulation des étapes antérieures). Le système T'nD qui a été développé permet ainsi aux concepteurs de modifier, autant qu'ils le souhaitent, des représentations externes en 3D virtuelle (cf. Figure 3), afin de favoriser une conversation réflexive et la définition-redéfinition du problème (Bonnardel, 2006).

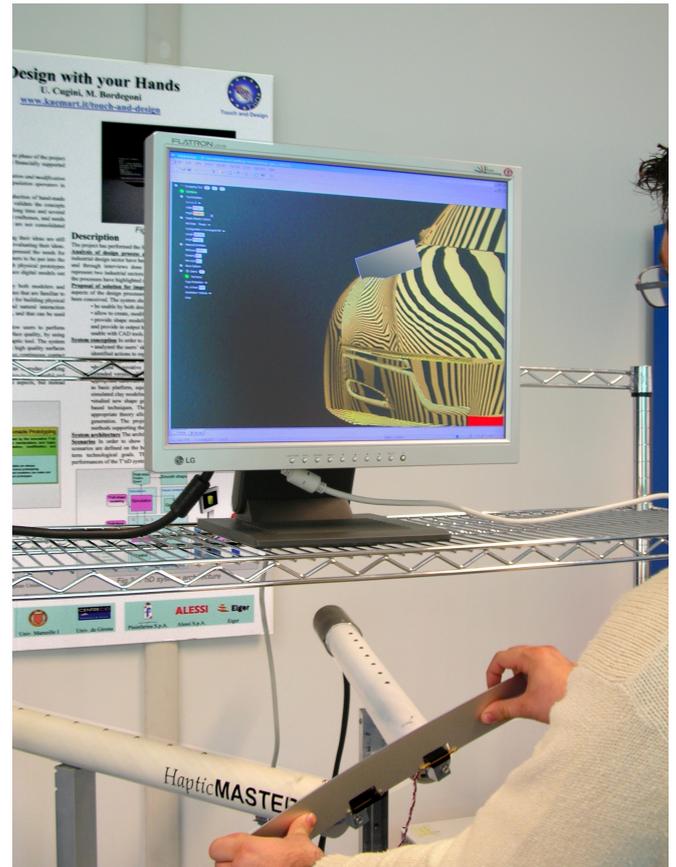


Fig. 3 : Le système T'nD.

Conclusion

D'autres systèmes d'aide à la conception créative et à l'innovation existent mais notre objectif ici a été de montrer comment les trois types de besoins en assistance, identifiés auprès de concepteurs professionnels ou d'étudiants, pouvaient être pris en compte pour le développement de systèmes informatiques adaptés à ces utilisateurs. Nous considérons en effet qu'il est particulière-

7. Contrat Touch and Design (T'nD FP6-IST-2002-001996) financé par la Commission européenne et donnant lieu à une collaboration entre l'Ecole Polytechnique de Milan (POLIMI), l'Université de Provence, l'Université de Gérone, et les sociétés PININFARINA, ALESSI et EIGER.

ment utile de proposer des modalités d'assistance informatique aux activités de conception créatives. L'étendue des possibilités offertes par les développements informatiques et l'utilisation fréquente de systèmes d'aide par les concepteurs, dans le cadre de leurs activités professionnelles, permettent d'envisager une véritable coopération Humain-Machine afin de faciliter la créativité et l'innovation.

Références

- Bonnardel, N. (1999). L'évaluation réflexive dans la dynamique de l'activité du concepteur. In J. Perrin (Ed.), *Pilotage et évaluation des activités de conception* (pp. 87-105). Paris : L'Harmattan.
- Bonnardel, N. (2006). *Créativité et conception. Approches cognitives et ergonomiques.*
- Bonnardel, N. (2009). *Activités de conception et créativité : De l'analyse des facteurs cognitifs à l'assistance aux activités de conception créatives.* *Le Travail Humain*, 72, 5-22.
- Bonnardel, N. (2012). *Designing future products : What difficulties do designers encounter and how can their creative process be supported ?* *Work*, 41, 5296-5303.
- Bonnardel, N., & Bouchard, C. (2011). *Towards supporting creative design : Analysis of the use of the TRENDS system according to designers' expertise.* *Proceedings of the 8th ACM Conference on Creativity and Cognition – C&C 2011* (pp. 315-316), Atlanta : ACM Press.
- Bonnardel, N., & Marmèche, E. (2004). *Evocation processes by novice and expert designers : Towards stimulating analogical thinking.* *Creativity and Innovation Management*, 13(3), 176-186
- Bonnardel, N., & Marmèche, E. (2005). *Towards supporting evocation processes in creative design : A cognitive approach.* *International Journal of Human-Computer Studies*, 63, 442-435.
- Bonnardel, N., & Sumner, T. (1996). *Supporting evaluation in design.* *Acta Psychologica*, 91, 221-244.
- Bonnardel, N. & Zenasni, F. (2010). *The impact of technology on creativity in design : An enhancement ?* *Creativity & Innovation Management*, 19(2), 180-191.
- Bouchard, C., Omhover, J.-F., Mougnot, C., Aoussat, A. & Westerman, S. (2008). *TRENDS : A Content-Based Information Retrieval System for Designers.* *Proceedings of the 3rd international conference on Design Computing and Cognition.* Atlanta, U.S.A.
- Chevalier, A. & Bonnardel, N. (2007). *Articulation of web site design constraints : the effect of the designer expertise and situation task.* *Computers in Human Behavior*, 23, 2455-2472.
- Lubart, T.I., Mouchiroud, C., Tordjman, S., & Zenasni, F. (2003). *Psychologie de la Créativité.* Paris : Armand Colin.
- Mougnot C., Bouchard C., Aoussat A., Westerman S.J. (2008) *Inspiration, Images and Design : An Investigation of Designers' Information Gathering Strategies.* *Journal of Design Research*, 7(4), 331-351. DOI :10.1504 / JDR.2008.026987
- Pellegrin, L., Gaudin, C., Bonnardel, N., & Chaudet, H. (2010). *Apports d'une représentation événementielle des activités collaboratives : l'exemple de la surveillance épidémiologique pour l'alerte précoce.* *Le Travail Humain*, 73 (4), 385-406.
- Schön, D.A. (1983). *The reflective practitioner : How professionals think in action.* New York : Basic Books.

CREAPRO : Étude du processus créatif dans plusieurs domaines d'activité

Contact : Todd Lubart LATI – EA 4469 Institut de Psychologie Université Paris Descartes 71 avenue Edouard
Vaillant 92100 Boulogne Billancourt, Téléphone : 01 55 20 59 89, Email : todd.lubart@parisdescartes.fr

Texte rédigé par Julien Nelson, Marion Botella et Todd Lubart.

Introduction : l'Intelligence Artificielle, un renfort à la créativité humaine ?

La créativité est définie comme la capacité à réaliser une production qui soit à la fois nouvelle et adaptée au contexte dans lequel elle se manifeste (Lubart, Mouchiroud, Tordjman, et Zenasni, 2003). Elle est considérée comme une faculté à la fois profondément humaine et située au cœur de nombreuses professions impliquant (a) soit la création de nouvelles formes, par exemple le design, l'ingénierie, l'architecture ou la poésie, (b) soit la proposition de nouvelles approches pour la résolution de problèmes complexes, par exemple les professions du domaine de la santé ou du management (Florida, 2002). Ainsi, le domaine de l'Intelligence Artificielle (IA) s'articule depuis plusieurs décennies, autour de deux questions. D'une part, dans quelle mesure l'IA peut-elle être mise en lumière les mécanismes sous-jacents à la créativité? (Boden, 1999) D'autre part, et plus récemment, comment l'IA, en tant que technologie émergente, peut-elle assister les professionnels créatifs dans leur activité de travail? (Lubart, 2005). Ainsi, de nombreux travaux en IA ont tenté de modéliser la créativité humaine dans les domaines scientifique (Simon, 1995), littéraire (Bringsjord et Ferruci, 2000) ou dans différents domaines artistiques tels que la peinture (Cohen, 1995) ou l'improvisation musicale (Johnson-Laird, 1992). Concernant le second point, où l'IA est vue comme un outil pour les professionnels créatifs, Lubart (2005) souligne que les outils élaborés suivant cette approche peuvent être conçus suivant quatre métaphores distinctes :

1. La nounou dont l'objectif est de structurer le travail de professionnels créatifs afin de permettre une exploitation optimale par l'individu de son potentiel créatif. Gil (2009) propose ainsi le concept d'un assistant aux activités de découverte scientifique qui, en exploitant les technologies de l'IA, serait

capable, par exemple, d'explorer un champ d'expérimentation et d'interprétation des résultats d'une manière plus systématique et moins vulnérable aux biais de raisonnement qui affectent l'être humain.

2. Le correspondant, c'est à dire un agent susceptible de faciliter les échanges et la discussion d'idées au sein d'un collectif étendu. On peut citer comme exemple le système développé par Lee et Chang (2010), qui permet de recueillir des données sur l'impact émotionnel de produits chez de grands nombres d'utilisateurs en vue (a) de prévoir l'impact d'un concept de produit nouveau, et (b) de générer, à l'aide d'un algorithme génétique, un concept de produit susceptible de déclencher un effet attendu. Ce système repose sur le recueil des opinions de grands nombres de consommateurs et de concepteurs de produits.
3. Le coach dont la mission est de stimuler certaines facultés créatives de l'individu. On peut citer comme exemple le système TRENDS, un moteur de recherche multimédia qui permet, à partir d'une requête constituée d'adjectifs sémantiques, de cibler la recherche d'images au sein d'une base de données pour inspirer un concepteur dans des tâches de conception innovante (Bouchard, Omhover, Mougnot, Auoussat, et Westerman, 2008 ; Bonnardel et Zenasni, 2010).
4. Le collègue qui serait lui-même à l'origine d'idées créatives. Par exemple, le système McGONAGALL développé par Manurung, Ritchie, et Thompson (2012) utilise un algorithme générique pour générer des textes poétiques. Le système PIERRE (Morris, Burton, Bodily, et Ventura, 2012) utilise le même principe pour générer des recettes de cuisine créatives.

Les travaux évoqués dans ce bref tour d'horizon nous permettent de tirer la conclusion suivante : l'idée d'exploiter les technologies de l'IA pour assister des activités créatives a gagné en maturité ces dernières années,

CREAPRO : ÉTUDE DU PROCESSUS CRÉATIF DANS PLUSIEURS DOMAINES D'ACTIVITÉ

au point de donner naissance à de nombreux systèmes visant à assister le travail créatif dans des domaines divers. Pourtant, l'IA reste encore et toujours une technologie émergente, dans la mesure où elle n'a pas, à ce jour, été adoptée à grande échelle par des communautés d'utilisateurs professionnels (Moore, 1999). Pour favoriser la diffusion de ces technologies dans ce cadre, une solution possible reposerait sur la compréhension des spécificités du processus créatif dans les communautés d'utilisateurs visées, comme l'ont suggéré Edmonds et al. (2005). Nous présentons ci-dessous le projet CREAPRO, qui vise cet objectif.

Le projet ANR CREAPRO

Partenaires du projet

Le projet CREAPRO a pour objectif l'étude du processus créatif dans plusieurs domaines professionnels : l'art, la science, l'écriture scénaristique, le design, et la musique. Il réunit cinq partenaires : le Laboratoire Adaptations Travail Individu (LATI – EA 4469, Université Paris Descartes – assurant la coordination du projet), l'Equipe "Arts : Pratiques et Poétiques" (EA 3208, Université de Rennes 2), le Centre de Recherche en Psychologie de la Connaissance, du Langage et de l'Emotion (PSYCLE – EA 3273, Université de Provence), l'Institut des Textes et Manuscrits Modernes (ITEM – UMR 8132, CNRS/ENS), et le Laboratoire Bordelais de Recherche en Informatique (LABRI, UMR 5800, CNRS / Université Bordeaux 1). Chacun de ces partenaires a la responsabilité de l'étude du processus créatif dans l'un des cinq domaines cités.

Objectifs et structure du projet

Afin de comprendre les spécificités du processus créatif dans ces différents domaines, le projet CREAPRO s'est déroulé en trois phases : (1) l'identification de facteurs influençant la créativité, (2) l'observation du processus créatif structurant l'activité de travail de ces différents acteurs ; et (3) l'identification de pistes pour la formation dans ces différents domaines créatifs. Nous nous attarderons ici plus précisément sur le second point, l'observation du processus créatif dans les différents domaines concernés. Nous présenterons aussi les conséquences des résultats obtenus sur la conception d'outils d'assistance aux activités créatives, plus particulièrement sur la conception d'outils exploitant l'Intelligence Artificielle.

Construction du matériel d'observation et de modélisation du processus créatif en situation de travail

Dans la première phase du projet, nous avons réalisé une série d'entretiens auprès de créatifs professionnels. Ces derniers étaient interrogés sur leur activité créative, leur processus créatif, et sur les facteurs qu'ils jugeaient être impliqués dans leur créativité. Ce travail a permis de dresser une typologie des facteurs facilitateurs et inhibiteurs de la créativité, mais aussi d'identifier les éléments d'un modèle générique des activités créatives étudiées, depuis la définition du problème à la finalisation et à la clôture du projet. De là, la question posée est la suivante : comment ce processus est-il instancié dans différents domaines dits créatifs ?

Originalité de la démarche

Dans la deuxième partie du projet CREAPRO, nous avons mené une étude longitudinale du travail de créateurs étudiant dans les domaines cités. Cette étude visait à appréhender à la fois le découpage temporel du travail et les capacités des participants impliquées dans chaque étape du processus créatif. L'approche que nous avons choisie est multivariée (Lubart et al., 2003). A la suite de l'étude réalisée dans la première partie du projet, nous avons ainsi identifié quatre types de facteurs à intégrer dans notre analyse, à savoir les facteurs cognitifs, conatifs, émotionnels, et sociaux. L'approche multivariée permet d'identifier les spécificités de l'activité créative, par exemple :

- Au sein d'une profession créative donnée par rapport à une autre profession ;
- Au cours d'une étape du processus créatif par rapport aux autres étapes. L'hypothèse qui est faite ici est que le processus créatif n'est pas séquentiel, mais qu'à chaque moment de l'activité plusieurs étapes peuvent être réalisées conjointement et que des feedbacks sont possibles entre les étapes.

Nous donnerons ici un exemple du travail réalisé dans cette lignée : l'analyse du processus créatif chez des étudiants en arts plastiques.

Méthode

A partir du travail réalisé dans la première phase du projet et de la littérature existante dans le domaine, nous avons mis en place une méthodologie fondée sur l'utilisation de carnets de bord (Botella, Zenasni, et Lubart, 2011). Vingt-sept étudiants ont pris part à cette étude : il leur était demandé de remplir le carnet de bord à dif-

CREAPRO : ÉTUDE DU PROCESSUS CRÉATIF DANS PLUSIEURS DOMAINES D'ACTIVITÉ

férents moments au cours de la réalisation d'une œuvre. Chaque participant a ainsi pu fournir, à plusieurs occasions (entre 8 et 12 selon les personnes), des éléments descriptifs sur son travail créatif. Chaque page du journal de bord comprenait trois parties.

Dans une partie écriture libre, les étudiants étaient invités à s'exprimer de manière ouverte sur différents aspects de leur travail au moment présent : leurs objectifs, leurs modes opératoires, l'état du projet à la fin de l'activité, les éléments qui ont aidé à et entravé sa réalisation, leur ressenti sur cette étape de leur travail, et les apprentissages issus de cette situation de travail.

Le carnet de bord comprenait aussi, pour chaque page, un questionnaire sur les différentes étapes du processus. Les participants étaient invités à préciser, parmi une liste de treize étapes, lesquelles correspondaient à leur activité du moment. La liste des étapes a été élaborée à partir de travaux précédents, issus à la fois de la littérature du domaine et d'entretiens avec des étudiants en art et sur la base des entretiens de la première phase du projet CREAPRO avec des artistes confirmés. Les étapes en question étaient : la définition du problème (explorer le thème, les objectifs, défi), le questionnement (auto-réflexion, dialogue avec l'œuvre, réfléchir, comprendre), la documentation (capturer et chercher des informations, accumuler, observation), la prise en compte des contraintes (repérer la demande du client, fixer soi-même les règles), l'illumination ("Tiens j'ai une idée", apparition d'une idée, tomber brusquement sur une idée), l'association (résonance, jeux de formes, de matières, imagination, rêverie, analogies), l'expérimentation (explorer, diverger, curiosité, essayer différentes idées, modifier, manipuler, tester, croquis), l'évaluation (auto-critique, prendre du recul, analyser, recherche de qualité, lucidité), la convergence (structurer, cristalliser, ordre, organiser), la prise en compte ou profiter du hasard (la chance offerte par l'environnement, aléatoire, être ouvert au hasard, accident, désordre, chaos), la réalisation (transposer, concrétiser, illustrer, produire, composer, mise en œuvre), la finalisation (clôturer, retoucher, mettre au propre, terminer, justifier, expliquer son travail, exposer), les pauses (laisser reposer, décanter, digérer, laisser passer, souffler, faire autre chose).

Enfin, le carnet de bord comprenait un autre questionnaire portant sur le profil multivarié des étudiants au moment du remplissage du journal. Ce dernier intégrait des questions portant sur (a) les facteurs cognitifs, les qualités dont l'étudiant estimait avoir fait preuve (ex. "avez-vous fait preuve de patience"), (b) les facteurs conatifs, sa perception de son comportement (ex. "avez-vous osé / pris des risques"), (c) les facteurs environnementaux

et sociaux, la demande de soutien social et la collaboration (ex. "Avez-vous cherché un avis extérieur") et (d) les facteurs émotionnels, leur ressenti à ce moment de leur travail (ex. "Avez-vous ressenti de la satisfaction / du plaisir?").

À la fin du projet, les productions des étudiants ont été évaluées sur 20 par par le professeur en arts plastiques. Ceci nous a permis d'isoler deux groupes de participants : les étudiants très créatifs ($N \geq 17/20$, 7 étudiants) et les étudiants peu créatifs ($N \leq 11/20$, 5 étudiants).

Premiers résultats

À partir de cette analyse, il a été possible d'identifier des spécificités de l'activité créative chez ces groupes d'étudiants, tant du point de vue de la structure du travail que du profil multivarié associé (Figures 1 et 2 ci-dessous).

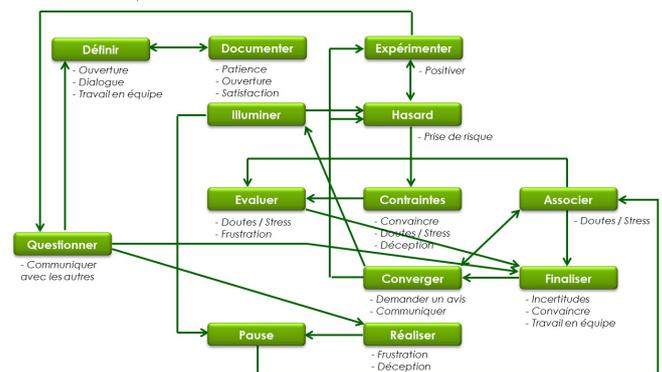


Fig. 1 : Structure de l'activité créative et profil multivarié associé chez les étudiants les plus créatifs

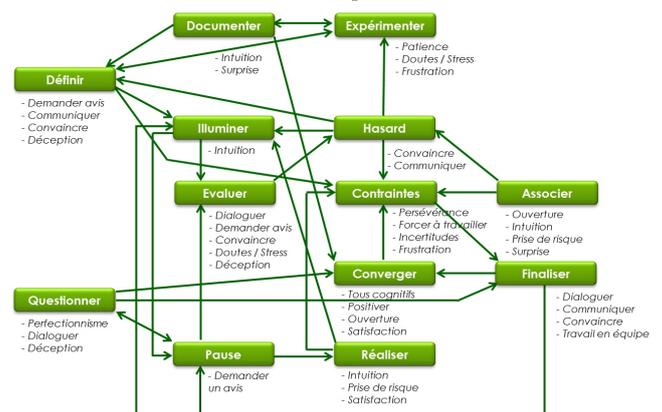


Fig. 2 : Structure de l'activité créative et profil multivarié associé chez les étudiants les moins créatifs

La comparaison des résultats obtenus chez les étudiants les plus créatifs et les moins créatifs met en évidence des différences à la fois dans la nature de l'acti-

CREAPRO : ÉTUDE DU PROCESSUS CRÉATIF DANS PLUSIEURS DOMAINES D'ACTIVITÉ

tivité à chaque étape et dans le ressenti associé. Ainsi, les individus très créatifs décrivent leur activité dans des termes très cognitifs pour les phases initiales du processus : il s'agit de documenter le problème, de le définir clairement, d'évaluer les contraintes du projet. L'illumination créative survient souvent par hasard et à la faveur d'une pause. C'est seulement ensuite que les participants vont planifier, finaliser, et réaliser leur travail. Chez les étudiants les moins créatifs, les premières étapes du travail sont marquées par une dimension très intuitive et expérimentale (essai-erreur). L'illumination créative intervient au début du processus, mais aussi plus tardivement, au cours de la phase de finalisation. Les pauses sont une occasion de continuer à questionner et évaluer le problème. Ainsi, leur travail apparaît bien moins structuré et efficace que celui d'individus très créatifs.

D'autre part, l'impact du travail dans ces deux populations n'est pas le même en termes de ressenti (Bottella et Lubart, 2012). Par exemple, chez les individus les plus créatifs, l'étape d'expérimentation est vécue positivement, mais ces derniers ressentent fréquemment de la frustration à l'égard du résultat obtenu lors des étapes de réalisation et de finalisation. Chez les individus les moins créatifs, au contraire, l'expérimentation est perçue comme une source de doutes, de stress et de frustration, alors que la réalisation de la solution est associée à un sentiment de prise de risque et de satisfaction.

Conséquences pour la conception d'outils de travail exploitant l'intelligence artificielle

La complexité de la conception d'outils d'assistance au travail créatif exploitant les technologies de l'IA tient au caractère émergent de ces technologies. En effet, l'IA constitue une avancée technologique importante, partiellement réalisée ou en devenir. Mais dans le même temps, bien qu'elle représente une promesse de transformation en profondeur de l'activité humaine dans différents domaines, ses usages restent souvent peu clairs et peu différenciés (Burkhardt, 2010; Burkhardt et Lubart, 2010). Il en résulte que l'IA, bien qu'elle ait fait l'objet de développements technologiques majeurs au cours des dernières décennies, est encore trop peu souvent exploitée pour la conception d'outils de travail, en particulier dans le cadre de professions à forte composante créative. Les résultats présentés ici suggèrent plusieurs éléments pour la conception d'outils d'assistance aux activités créatives exploitant les technologies de l'IA.

Premièrement, la conception de ces outils doit prendre en compte la structuration interne associée à l'activité de "professionnels créatifs". Les modèles clas-

siques du processus de conception nous incitent à envisager le processus créatif comme une suite linéaire d'étapes (Howard, Culley, et Dekonick, 2008). En termes de conception d'outils d'aide au concepteur, il en résulte que la philosophie dominante repose sur la mise au point de multiples outils différents, chacun assistant un aspect différent du travail du concepteur (Dartnall, 1994; Bonnardel et Zenasni, 2010). Nos résultats, quant à eux, suggèrent qu'à un instant donné, le concepteur pourrait être simultanément investi dans plusieurs tâches à différents niveaux, soulignant les aspects dynamiques du processus créatif. Chacune de ces tâches renvoie à des besoins différents, qui devront être satisfaits de manière simultanée pour outiller efficacement le travail créatif.

Deuxièmement, l'approche adoptée dans le projet CREAPRO met en avant les spécificités du processus créatif dans différents domaines professionnels. Les outils d'IA devront être conçus en tenant compte des spécificités du métier auquel l'outil est destiné. Ce double besoin a récemment conduit Larach et Cabra (2010) à fonder une réflexion sur le potentiel des technologies environnements virtuels multi-utilisateurs pour outiller des tâches de brainstorming, sur une stratégie de "recherche participative". Les professionnels créatifs sont ici impliqués dans le processus, non seulement pour aider à la compréhension de leur activité créative, mais aussi pour faire part de leur ressenti concernant la technologie considérée et ses apports possibles à cette activité. Une telle approche pourrait être mise à profit dans la conception d'outils de créativité exploitant l'IA.

Troisièmement, nos résultats concernant les profils multivariés montrent une hétérogénéité de l'activité, tant du point de vue de sa structure que des effets, en fonction des caractéristiques des individus. Un outil d'assistance exploitant l'IA devra tenir compte de cette variabilité. Pour ce faire, un même outil pourra, en fonction du type d'usager concerné et de l'état d'avancement de son travail, adopter un ou plusieurs des positionnements cités plus haut, pour fournir une assistance personnalisée au travail créatif.

Références

- Boden, M. A. (1999). Computer models of creativity. In R. J. Sternberg (Ed.), *Handbook of creativity* (pp. 351–372). Cambridge, UK : Cambridge University Press.
- Bonnardel, N., & Zenasni, F. (2010). The impact of technology on creativity in design : an enhancement? *Creativity and innovation management*, 19(2), 180–191.

CREAPRO : ÉTUDE DU PROCESSUS CRÉATIF DANS PLUSIEURS DOMAINES D'ACTIVITÉ

Botella, M., & Lubart, T. I. (2012, 27–29 juin). Approche multivariée du processus de créativité artistique chez des étudiants en arts plastiques. Paper presented at the 20èmes Journées Internationales de Psychologie Différentielle, Rennes.

Botella, M., Zenasni, F., & Lubart, T. I. (2011). A dynamic and ecological approach to the artistic creative process in arts students : an empirical contribution. *Empirical Studies of the Arts*, 29(1), 17–38.

Bouchard, C., Omhover, J. F., Mougenot, C., Aousat, A., & Westerman, S. J. (2008). TRENDS : A Content-Based Information Retrieval System for Designers In J. S. Gero & A. K. Goel (Eds.), *Design computing and cognition '08* (pp. 593–611). Berlin : Springer.

Bringsjord, S., & Ferruci, D. A. (2000). *Artificial intelligence and literary creativity : inside the mind of BRUTUS, a storytelling machine*. Mahwah, NJ : Lawrence Erlbaum Associates.

Burkhardt, J. M. (2010). *Conception, utilisation et formation : trois perspectives sur l'apprentissage en ergonomie des technologies émergentes*. (HDR), Université de Provence, Aix-en-Provence.

Burkhardt, J. M., & Lubart, T. (2010). Creativity in the Age of Emerging Technology : Some Issues and Perspectives in 2010. *Creativity and innovation management*, 19(2), 160–166.

Cohen, H. (1995). The further exploits of AARON painter. *Stanford Humanities Review*, 4(2), 141–160.

Dartnall, T. (Ed.). (1994). *Artificial intelligence and creativity*. Amsterdam : Kluwer Academic.

Edmonds, E. A., Weakley, A., Candy, L., Fell, M., Knott, R., & Pauletto, S. (2005). The studio as a laboratory : combining creative practice and digital technology research. *International Journal of Human Computer Studies*, 63(4–5), 452–481.

Florida, R. (2002). *The rise of the creative class*. New York, NY : Basic Books.

Gil, Y. (2009). From data to knowledge to discoveries : artificial intelligence and scientific workflows. *Scientific programming*, 17(3), 231–246.

Howard, T. J., Culley, S. J., & Dekonick, E. (2008). Describing the creative design process by the integration of engineering design and cognitive psychology literature. *Design studies*, 29, 160–180.

Johnson-Laird, P. N. (1992). *The computer and the mind*. London : Fontana.

Larach, D. U., & Cabra, J. F. (2010). Creative Problem Solving in Second Life : an action research study. *Creativity and innovation management*, 19(2), 167–177.

Lee, J. H., & Chang, M. L. (2010). Stimulating designers' creativity based on a creative evolutionary system and collective intelligence in product design. *International Journal of industrial ergonomics*, 40(3), 295–305.

Lubart, T. I. (2005). How can computers be partners in the creative process : classification and commentary on the special issue. *International Journal of Human Computer Studies*, 63, 365–369.

Lubart, T. I., Mouchiroud, C., Tordjman, S., & Zenasni, F. (2003). *Psychologie de la créativité*. Paris : Armand Colin.

Manurung, R., Ritchie, G., & Thompson, E. (2012). Using genetic algorithms to create meaningful poetic text. *Journal of Experimental & Theoretical Artificial Intelligence*, 24(1), 43–64.

Moore, G. A. (1999). *Crossing the chasm : marketing and selling technology products to mainstream customers* (2ème ed.). New York, NY : HarperCollins.

Morris, R. G., Burton, S. H., Bodily, P. M., & Ventura, D. (2012). Soup over bean of pure joy : culinary ruminations of an artificial chef. Paper presented at the International Conference on Computational Creativity 2012, Dublin, Ireland.

Simon, H. A. (1995). Machine discovery. *Foundations of science*, 1(2), 171–200.

La conception inventive : une méthode pour structurer le processus de créativité

François Rousselot

Consultant, ex-chercheur au LSIIT-Strasbourg
35, rue Sodbronn 67400 Illkirch-Graffenstaden

francois.rousselot@laposte.net

https://www.researchgate.net/profile/Rousselot_Francois/

Denis Cavallucci

LGECO EA 3938-Insa Strasbourg
24, Boulevard de la Victoire 67084 STRASBOURG CEDEX

denis.cavallucci@insa-strasbourg.fr

<http://www.linkedin.com/pub/denis-cavallucci/14/50/529>

Résumé

La Conception Inventive (CI) est souvent présentée comme une méthode qui aborde le problème de l'invention comme de la résolution de problème ou comme un type particulier de raisonnement par analogie. En réalité, il est difficile de se faire rapidement une idée sur ce sujet, c'est pourquoi dans cet article nous allons essayer de clarifier son fonctionnement et de montrer ses connexions possibles avec des concepts qu'on rencontre en Intelligence Artificielle. Cette méthode, développée de façon empirique pour des concepteurs et des ingénieurs sans lien spécifique avec l'informatique semble plutôt informelle et peu scientifique. Pourtant à la lumière des centaines de cas d'études résolus avec succès et conclus pour la plupart par des brevets, force est de constater qu'elle fournit des résultats. Depuis 1995, elle a suscité la curiosité d'un groupe de chercheurs en Intelligence Artificielle composés de membres de l'INSA et du LSIIT à Strasbourg. Après une phase d'initiation, il a été décidé d'en faire l'objet de notre recherche pendant ces cinq dernières années en collaboration avec D Cavallucci co-auteur spécialiste de la CI. Ces recherches ont abouti à la définition de la Méthode de Conception Inventive MCI qui la formalise et qui l'étend.

Dans cet article, nous allons d'exposons les aspects essentiels et nous tenterons de clarifier la perception souvent floue qu'on peut en avoir.

1. La conception Inventive

1.1. Origine et principale caractéristiques

La conception inventive trouve ses racines dans une théorie élaborée en ex-URSS appelée TRIZ (Teoriya Resheniya Izobretatelskikh Zadatch). Elle résulte de l'observation et de l'examen synthétique de nombreuses inventions et de nombreux brevets. On parle de 400.000 brevets multidisciplinaires au départ, puis de 10% les brevets les plus "inventifs" ont été analysés en détail par des laboratoires de l'ex-URSS par domaine de spécialité. Altshuller (l'ingénieur russe qui est à l'origine de TRIZ), opérait avec des collaborateurs répartis dans plus de 300 laboratoires, après avoir défini un protocole d'analyse des brevets. Deux constats ont alors été rapidement faits :

Le premier concerne l'évolution des artefacts (ce que l'homme produit), qui selon Altshuller suivrait un nombre limité de lois. En particulier, un produit évolue tant qu'on peut optimiser certains paramètres qui amènent de la satisfaction. Si on ne peut plus optimiser, la situation de blocage correctement identifiée devient un point de départ pour l'application d'une méthode chez l'inventeur.

Le deuxième constat a été le fait que les concepteurs cherchent souvent la solution dans ce qu'ils connaissent le mieux : leur domaine. Or, une solution est vraiment inventive si elle n'est pas envisageable dans le domaine et si elle ne résulte pas d'une optimisation ou d'un compromis, mais provient par exemple d'un domaine distant. Pour débloquer l'imagination et pour vaincre cette "inertie psychologique", la conception inventive propose de re-

LA CONCEPTION INVENTIVE : UNE MÉTHODE POUR STRUCTURER LE PROCESSUS DE CRÉATIVITÉ

chercher la solution dans d'autres domaines par analogie. Elle propose une méthodologie qui dirige le concepteur vers l'analyse du problème et sa bonne formulation et lui fournit des modèles qui définissent les niveaux d'abstractions utiles au raisonnement. L'utilisation de l'analogie a toutefois un inconvénient : la solution proposée est abstraite et n'est pas directement donnée dans le domaine initial. C'est un "concept de solution" qu'il faut encore valider. Nous utilisons ici la terminologie de TRIZ notons que le terme concept a peu à voir ici avec la notion de concept en IA qui concerne généralement une liste de couples attribut valeur.

L'analyse des situations de blocage évoquée ci-dessus s'opère grâce à un raisonnement issu de la dialectique, fruit des réflexions de plusieurs philosophes et notamment Hegel. La dialectique s'applique particulièrement bien à la conception, elle est basée sur la détermination de la contradiction qui bloque l'évolution de l'artefact considéré. Une contradiction existe lorsque si on améliore un certain paramètre de l'artefact alors un autre se détériore. Le jugement sur la valeur positive ou non d'un paramètre est bien sûr subjectif et évolue avec le temps. (cf. les lois d'évolutions). Soulignons ici que le terme de contradiction a un sens spécifique en TRIZ, il concerne des influences entre des variations de paramètres et n'a pas le sens de contradiction en logique.

La méthode a été développée par et pour des ingénieurs pour résoudre des problèmes de conception d'artefacts techniques. Aussi, les modèles utilisés en TRIZ comportent des termes évoquant les systèmes techniques comme "outil", "produit", "substance", "champ", il faut toujours avoir à l'esprit que ces termes désignent des concepts abstraits spécifiques à la méthode et ne doivent pas être confondus avec les concepts techniques habituellement désignés par ces termes. En effet, la méthode a pour origine le raisonnement dialectique qui n'est pas lié à un domaine particulier, aussi, elle est applicable à tout type de problème qui peut se résumer à une contradiction. C'est ainsi qu'on voit naître actuellement des applications à des problèmes techniques non matériels (informatique) ou même humains.

L'identification de la paire de paramètres au centre du problème est la clé pour aller chercher des solutions analogues dans d'autres domaines. La détermination de la contradiction centrale n'est en fait qu'une façon de bien poser le problème. La résolution (ou le contournement, nous expliquerons comment plus loin) induira dans l'esprit du concepteur une idée de solution et dans certains cas un concept de solution : i.e. la définition de certaines caractéristiques que doit avoir l'objet.

1.2. Cheminement général de la conception inventive

Le schéma figure 1 présente les différents cheminement envisageables pour appliquer la méthode. Sans entrer dans les détails, on voit qu'on peut opérer à plusieurs niveaux d'abstractions différents, à chaque niveau est associée une ressource pour orienter vers la solution. Au plus haut niveau d'abstraction, on trouve les méthodes de séparation des contradictions physiques qui, pour permettre la génération d'un concept de solution, vont requérir une créativité plus importante, car partant d'un "portrait" de solution plus abstrait. Alors qu'à un niveau le plus concret on trouvera les "effets physiques" qui vont permettre plus directement d'induire un "concept de solution". Sur le même problème, il est donc préférable (afin de garantir la robustesse du processus) d'aller jusqu'au niveau le plus fin de la représentation du modèle de problème pour que l'effort créatif soit moindre et plus systématique. Les principes inventifs (PI) sont l'outil de la TRIZ le plus utilisé : l'analyse des brevets qui résolvent des contradictions (donc dits "inventifs") a permis de leur associer 40 principes abstraits les PI qui sont extraits des "réflexes créatifs" employés tacitement par les inventeurs pour résoudre le problème exposé dans leur brevet. Exemple pour permettre à un pointeur télescopique d'être court et long, utiliser le principe de la copie (ou la projection de l'image de l'objet) par un faisceau laser. Les principes inventifs (PI) sont l'outil de la TRIZ le plus utilisé : l'analyse des brevets qui résolvent des contradictions (donc dits "inventifs") a permis de leur associer 40 principes abstraits les PI qui sont extraits des "réflexes créatifs" employés tacitement par les inventeurs pour résoudre le problème exposé dans leur brevet.

Résoudre des contradictions consiste à répondre à des questions telles que "comment faire léger et résistant à la fois" Ou encore, "comment être petit à un instant et grand à un autre".

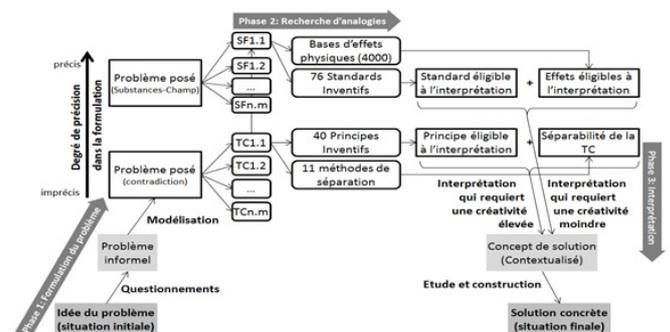


Fig. 1 : Modèle de raisonnement TRIZ

Elles se posent fréquemment aux concepteurs. Or les corrélations établies par Altshuller le montrent, il y a une

LA CONCEPTION INVENTIVE : UNE MÉTHODE POUR STRUCTURER LE PROCESSUS DE CRÉATIVITÉ

réelle invention quand on réussit à résoudre la contradiction, mais pas si la solution résulte d'un compromis. TRIZ amène le concepteur à exprimer son problème sous forme de contradictions élémentaires, qui peuvent alors être résolues avec des outils (comme la matrice des contradictions) laquelle renvoie vers les principes qui, appliqués, sont statistiquement les plus utilisés (dans tout domaine de l'ingénierie) pour résoudre une contradiction donnée. On peut consulter cette matrice sur le Web voir par exemple http://www.time_to_innovate.com/steps_matrixTRIZ propose un niveau plus concret nécessitant un effort de modélisation plus important pour être appliqué. Il redéfinit la contradiction au niveau physique (le problème) et lui associe un modèle abstrait de solution (la solution générique). L'exercice de résolution va alors consister à déterminer s'il faut introduire une nouvelle substance ou un nouveau champ et quelles devront être ses caractéristiques physiques pour être une solution. Cette démarche est beaucoup plus formelle et fait moins appel à la créativité du concepteur.

L'exemple des palmes de nage

Voyons un exemple concernant des palmes de nage. Comment rendre les palmes utilisées pour des compétitions plus performantes sachant qu'elles ont déjà fait l'objet de dizaines d'années d'optimisation par des centaines de fabricants. Par opposition au brainstorming, TRIZ va proposer de reformuler ce problème en focalisant l'attention des ingénieurs sur une contradiction clé. Après quelques étapes de questionnement, on aboutit à la formulation suivante : La "surface de la voileure" doit être "rigide" pour satisfaire "vitesse" et "souple" pour satisfaire "efforts au démarrage". (Voilure = surface d'appui de la palme sur l'eau). En associant aux paramètres évoqués les paramètres génériques vus plus haut, on trouve que notre problème particulier relève d'un problème générique répertorié qui oppose Vitesse et Force. Dans la matrice, on trouve parmi les principes possibles, le principe 35 "le changement d'état physique". Nous sommes donc maintenant face à un problème reformulé en ces termes : "est-il possible de permettre, avec un changement d'état physique, de contrôler le passage d'une voileure souple à une voileure rigide". Je dispose de la présence d'eau, de l'énergie musculaire de l'utilisateur.

La dernière reformulation est un guide à la créativité d'un concepteur permettant assez facilement de trouver la solution qui consiste à utiliser des matériaux qui se durcissent à l'effort mécanique. On les appelle les matériaux rhéopaississants. L'autre moyen plus formel d'être "orienté" vers la "bonne" solution est d'utiliser ce qu'on appelle dans TRIZ les pointeurs d'effets physiques, qui

proposent des solutions plus concrètes utilisant des bases de données dites d'effets physiques. Ici, dans le cas des palmes, si on se pose la question de "comment améliorer les palmes en modifiant la rigidité d'un corps solide lors de l'action de la voileure S2 sur l'eau S1" le principe physique de la thixotropie (propriété physique complexe que l'on retrouve dans certains gels, fluides ou mélanges et qui a la particularité de pouvoir passer de l'état liquide à solide et de solide à liquide) apparaît automatiquement dans la liste des effets physiques proposés. La solution, par ce biais, requiert encore un peu d'esprit de déduction de la part du concepteur, mais moins que dans la situation précédente. Encore une fois, nous insistons sur le fait que ce résultat d'une étude menée à l'aide de TRIZ est un concept de solution et que l'exercice n'a de sens que si le ou les concepteurs font l'effort d'interprétation nécessaire (simple ou difficile) pour passer d'un modèle de solution générique à un instance de concept de solution. En ce sens, la méthode est plus proche de la génération de concept en IA que de la véritable résolution de problèmes.

Ces concepts de solution, pour posséder des caractéristiques "TRIZiennes" satisfaire à certaines règles : par exemple exploiter au maximum les ressources déjà présentes dans le système, minimiser l'usage de ce qui est gratuit alentour comme la gravité, les molécules présentes dans l'air, etc.). Ce qui amène souvent des solutions simples ne demandant que peu d'apport extérieur, et donc à faible coût.

Les ressources de résolutions de la TRIZ et notamment les bases d'effets physiques (de l'ordre de 4000) ont été constituées à la main par les équipes d'Altshuller de son vivant. Depuis son décès en 1998, il n'y a plus d'autorité suffisante pour poursuivre un travail qui ne peut raisonnablement plus être entrepris à la main actuellement, vu la croissance très rapide et la disponibilité via le web des connaissances utiles. Malheureusement, il n'existe actuellement pas encore d'alternative sérieuse à cette collecte manuelle. Des recherches qui visent une collecte automatique (sur Internet notamment) sont en cours.

2. Les différentes phases d'un processus issu de la Conception Inventive

2.1. Phase 1 : Formulation du problème

En informatique, la bonne formulation d'un problème est souvent un grand pas vers sa résolution. En TRIZ la

LA CONCEPTION INVENTIVE : UNE MÉTHODE POUR STRUCTURER LE PROCESSUS DE CRÉATIVITÉ

problématique est identique. La TRIZ classique suppose que pour un problème donnée la connaissance de la ou des deux contradictions principales est facile à trouver. Elle ne fournit aucune directive pour trouver la contradiction clé si le problème est complexe, c'est à dire s'il met en jeu des centaines de contradictions comme c'est fréquent dans l'industrie. C'est pourquoi dans notre méthode que nous avons conçue à partir de la TRIZ, que nous avons appelée MCI (Méthode de Conception Inventive), nous avons inclus une phase de gestion des problèmes complexes et de sélection de la contradiction principale et un logiciel d'aide à la visualisation du problème.

Répertorier les données utiles à la caractérisation du problème suppose d'être capable d'explorer des textes de l'entreprise ou non et notamment des brevets qui rendent compte des problèmes précédents dans l'histoire de l'artefact en cours et des solutions qui ont été utilisées pour les résoudre.

Cette phase préliminaire qui utilise des techniques de fouilles de textes et des entretiens avec des experts appartient au domaine de l'ingénierie des connaissances. Elle permet de constituer une ontologie du domaine d'un type très particulier peu lourde et qui ne mentionne que les paramètres et leurs influences respectives. Cette ontologie est ensuite utilisée pour formuler le réseau des contradictions à la base du problème et finalement pour rechercher la contradiction qui, résolue, apportera le plus de satisfaction.

2.2 Phase 2 : Recherche d'analogies

Cette phase constitue probablement la partie visible de la valeur ajoutée de la TRIZ. Elle relie les problèmes posés sous forme de modèles (contradiction, Substances-Champ) aux bases de connaissances (modèles de solution) de façon quasi automatique. En s'appuyant sur le résultat des travaux de synthèse des brevets menées par Altshuller et ses collaborateurs pendant des dizaines d'années, des corrélations ont été établies entre des problèmes types et des solutions types via une matrice ou des listes. Ainsi, lorsqu'une contradiction générique est identifiée (par exemple résistance mécanique contre masse), on lui associe ce qui est le plus fréquemment utilisé par les inventeurs pour la résoudre (en l'occurrence : les matériaux composites ou encore plus intrigant : la copie). Nous sommes encore loin d'une vraie solution, mais le concepteur est mis sur une "voie" intéressante.

2.3 Phase 3 : Interprétation

Cette phase est celle qui pose le plus de problèmes, car pour l'heure, s'il est assez simple de trouver les éléments de résolution d'une contradiction dans les bases de connaissances fournies, il reste une étude, plus ou moins complexe selon le cas, à faire pour instancier la solution dans le domaine qui peut nécessiter des ressources importantes dans certains cas. Exemple : une étude sur l'amélioration des capteurs solaires a montré qu'une grande amélioration serait obtenue si le verre laissait passer toute la lumière et n'en renvoyait aucune partie (aucune perte par réflexion). Le verre ayant cette propriété n'existe pas actuellement, mais deux laboratoires de recherche en Physique travaillent actuellement en France sur ce problème. Le résultat d'une étude peut donc être la conjecture d'un concept (au sens IA) défini par certaines des caractéristiques qu'il doit avoir. On peut donc rapprocher le résultat de telles études de la génération de concepts telle qu'elle existe dans certains travaux d'IA.

3. Les perspectives

2.1. Phase 1 : Formulation du problème

Les perspectives de recherches ouvertes par la conception inventive sont nombreuses que ce soit à propos de la méthode même, de ses ressources, de ses insuffisances comme la non-prise en charge de l'évaluation d'un concept de solution ou que ce soit à propos de son d'application qui à notre avis est beaucoup plus large que la seule conception.

3.1 La méthode même

Outre les améliorations que nous avons apportées à la TRIZ dans notre méthode MCI : meilleure spécification de la phase "formulation du problème" formalisation des notions essentielles et des modèles, modélisation IA de la base de connaissances des effets (par la Logique de Description), logiciel dédié automatisant un maximum de tâches, il reste un certain nombre de problèmes intéressants. Des progrès sont encore à faire, notamment en ce qui concerne la liaison entre les différents modèles utilisés aux différents niveaux. En effet, les liens permettant le passage automatique d'un modèle à l'autre ne sont pas explicites à ce jour or ces modèles représentent le même état du monde, un progrès dans ce domaine apportera plus de clarté sur le fonctionnement du raisonnement et permettra d'améliorer encore l'assistance

LA CONCEPTION INVENTIVE : UNE MÉTHODE POUR STRUCTURER LE PROCESSUS DE CRÉATIVITÉ

informatique apportée à la méthode. Un autre verrou intéressant est celui de la collecte automatique des contradictions et des problèmes dans un domaine particulier, c'est en effet une tâche lourde, mais nécessaire et qui est effectuée à la main pour le moment. La synthèse automatique des problèmes (reformulés sous l'angle de la contradiction) d'un domaine par l'extraction d'éléments de connaissance contenus dans les brevets d'invention disponibles gratuitement sur certaines bases du web est encore au stade embryonnaire, mais mérite d'être développée davantage. Les premiers résultats sur ce sujet sont encourageants et nous permettent d'envisager d'ici 1 à 2 ans, un prototype réaliste d'automatiser l'extraction de l'état de l'art d'un domaine en partant de l'hypothèse que toute la connaissance de ce domaine se trouve dans une population de brevets donnée.

3.2 Les ressources de résolution

La communauté de TRIZ regroupe également des équipes spécialisées dans d'autres domaines comme les effets chimiques ou les effets biologiques ou biomimétiques. Ces équipes ayant également construit des ontologies, il reste à rendre ces ontologies pluridisciplinaires compatibles afin de faciliter les possibilités d'exploration des bases d'effets utilisables. Comme on l'a vu, les ressources établies grâce à Altshuller sont figées, car il n'existe plus de laboratoire capable de les étendre en normalisant manuellement la forme des effets avec des spécialistes de multiples domaines. D'autre part, l'évolution de l'informatique et la disponibilité de sources intéressantes en ligne permettent d'envisager des solutions nouvelles comme la collecte des informations sur le Web. Ce fait ainsi que l'ouverture actuelle de la recherche des ressources dans d'autres champs disciplinaires amène à chercher dans des documents autres que les brevets (Wikipédia ou textes de biologie, etc.) et peu structurés ce qui complique sérieusement la tâche des outils de fouille de texte.

3.3 Inclusion d'une phase d'évaluation des solutions

L'évaluation des solutions est laissée en général à la charge de l'utilisateur, pourtant elle peut être aidée par exemple par la collecte automatique de formules mathématiques dans des sites comme Wikipédia ou hyperphysics qui s'appuie sur les termes énoncés dans les concepts de solutions (une thèse est en cours à l'INSA Strasbourg. Cela permet d'estimer rapidement la faisabilité d'une idée par des techniques d'optimisation (OpenModelica). Par exemple, lors d'une étude sur le blocage d'une roue

de voiture sur un camion porte-voiture, une solution qui consistait à couvrir la roue d'une coque plastique n'a pas retenu l'attention des ingénieurs projet. Cette solution leur paraissait impossible au vu des contraintes mécaniques à subir. Nous avons alors effectué un petit calcul 2D en construisant de façon semi-automatique un formulaire en allant chercher l'expression mathématique "curved beams" sur hyperphysics en latex et en l'instanciant par les valeurs contextualisées de notre étude. Le résultat affiche qu'un PA6.6 chargé de 30% de fibre de verre pouvait, par une épaisseur de 9mm tenir par deux de ses roues, un véhicule pouvant peser 2 tonnes. Sans cette approche de pré calcul rapide, nous n'aurions pas pu convaincre les ingénieurs d'aller plus avant avec cette idée.

3.4. élargissement du champ des disciplines

La TRIZ souffre du fait qu'elle a surtout été développée et utilisée à des fins industrielles aussi il est difficile de discerner dans la méthode ce qui est générique de ce qui ne l'est pas. Rappelons que le fait qu'elle soit fondée sur la dialectique amène à penser qu'il s'agit d'une méthode générique. Il est donc intéressant de se poser le problème de sa possible extension ou extrapolation à d'autres disciplines non techniques comme la communication, l'organisation, la gestion, l'économie ou l'informatique, etc. à ce niveau, tout reste à faire, car les bases de connaissances développées pour l'industrie ne peuvent être utilisées sauf très partiellement et si l'usage de la contradiction reste pertinent, de nouvelles bases sont à construire.

Un exemple de contradiction en informatique : on souhaite exécuter un programme sur des données qui devrait être toutes "en mémoire" pour pouvoir s'exécuter et "hors mémoire", car elles ne tiennent pas toutes en mémoire. La solution trouvée et désormais connue de l'usage d'une mémoire tampon (matérielle ou virtuelle) aurait pu émerger de façon semi-automatique par la proposition du principe 13 (L'intermédiaire) qui invite le concepteur à réfléchir au fait d'utiliser un objet intermédiaire.

3.5 Problèmes couverts par la méthode

Quels types de problèmes peut-on traiter avec une telle méthode ? à cette question, on peut évidemment répondre : tous les problèmes qui peuvent se ramener à une contradiction ou à un réseau de contradictions. Mais cette réponse est insuffisante et l'identification précise de ces problèmes reste à définir. Bien sûr, on peut déjà citer : la prise de décision dans tout domaine où, soit optimiser

LA CONCEPTION INVENTIVE : UNE MÉTHODE POUR STRUCTURER LE PROCESSUS DE CRÉATIVITÉ

n'a pas de sens, soit toutes les optimisations possibles ont été envisagées. En ce qui concerne le premier cas, un bon exemple est celui du développement durable qui nécessite la résolution de nombreuses contradictions et ce n'est pas un hasard si on note actuellement un fort développement des recherches sur TRIZ appliquée à l'écoconception.

L'approche de la MCI qui permet de poser des problèmes qui correspondent à des réseaux de contradictions a été testée sur des situations où le problème était souvent difficile à cerner. Par exemple, nous l'avons expérimenté avec des doctorants qui ont ainsi pu expliciter le point central de leur sujet de thèse et également s'en servir pour mieux présenter leur bibliographie.

Notons également quelques initiatives originales d'usage de la TRIZ dans la formation à la créativité chez de très jeunes enfants (en URSS depuis une vingtaine d'années) ou, en France, récemment, dans les référentiels du bac STI2D (après une option "Créativité et Innovation Technologique" en seconde).

D'autres pays ont appréhendé la TRIZ différemment. L'exemple de la Corée du Sud est révélateur : la TRIZ est portée dans des groupes comme Samsung (6000 ingénieurs formés par an) ou Posco directement par le PDG qui a décidé la création d'une université TRIZ interne au groupe pour initier tous les ingénieurs R&D aux bases et construire l'expertise interne.

3.6 Conception inventive et optimisation

Ces deux approches sont opposables comme nous l'avons vu et complémentaires. En effet, la conception inventive n'est intéressante pour la résolution que si toutes les optimisations possibles ont été faites. Toutefois, nous l'avons constaté dans une de nos applications, la phase de formulation du problème (complexe) a révélé qu'une solution d'optimisation possible n'avait pas été effectuée.

L'optimisation est souvent nécessaire pour passer à l'évaluation de la solution et complète ainsi la méthode. Il convient de travailler sur la facilitation du passage des concepts de solutions aux modèles concrets. Sur l'autre

versant, peut-on passer d'un modèle d'optimisation à un modèle de contradiction automatiquement, la réponse est clairement non, car les modèles utilisés en optimisations ne prennent pas en compte les mêmes paramètres et les mêmes relations entre ceux-ci, ils ne modélisent pas tous les liens d'influences nécessaires.

3.7 L'abstraction et l'analogie

L'abstraction utilisée en conception inventive sert à passer à une formulation d'un problème abstrait dont on connaît une solution abstraite. En IA on a bien les design patterns et les knowledge pattern pour la représentation des connaissances, dont on peut dire à peu près la même chose, mais il y a une grande différence dans le niveau abstrait utilisé : les solutions abstraites sont indépendantes du domaine en conception inventive contrairement aux deux patterns. La même observation peut être faite si on compare le raisonnement de la conception inventive et le RAPC : le RAPC cherche une solution dans son domaine alors qu'en conception inventive, elle se place à un niveau indépendant du domaine. En effet, on peut considérer que la contradiction permet d'envisager des modèles utilisables indépendants d'un domaine particulier.

4. Conclusion

En résumé, nous avons abordé dans cet article un certain nombre de perspectives ouvertes quant au développement de la méthode et à l'élargissement de son champ. On a vu également qu'elle n'est pas sans connexion avec certains travaux d'IA. C'est pourquoi, nous pensons que la communauté TRIZ gagnerait à ce que d'autres chercheurs, y compris d'autres domaines que ceux des sciences de la conception, investiguent certains champs décrits dans cet article, mais aussi que l'intégration d'une démarche similaire au raisonnement analogique utilisé en TRIZ dans des programmes d'IA est une voie féconde à explorer.

Co-conception et classification

Jean Sallantin, LIRMM

Il est notoire que les petits enfants aiment jouer à regrouper, ordonner, ranger, classer des objets géométriques colorés. Cette activité cognitive permet de penser des totalités en leur associant des principes abstraits de regroupement. Les scientifiques s'adonnent à ranger leurs idées et concepts. Certains problèmes ouverts en mathématiques sont des problèmes de classification de structures mathématiques. Les questionnaires et tests de la psychologie sont également abstraits comme étant des procédés de classification. Les scientifiques ont des objets et des méthodes de classification différentes selon que leur discipline est une science exacte ou humaine, théorique ou expérimentale. Les outils d'intelligence artificielle actuels instrumentent une activité de classification en offrant des formes spécifiques de classification : arborescences, forêts, treillis, partitions, recouvrement, groupe de symétrie, ou plus généralement des systèmes de raisonnement à base de contraintes logiques. D'où le problème de comprendre comment ces procédés informatisés réagissent sur les problématiques qui président à leur usage; autrement dit quel est le biais provoqué par l'usage de ces outils dans une résolution de problèmes. Par exemple en bio-informatique les problèmes de co-conception concernent le choix d'un procédé de catégorisation, numérique ou symbolique assistant la création et la classification des test cliniques ou des protocoles de suivi thérapeutique : il s'agit d'estimer le degré de sensibilité, de spécificité, de simplicité et de robustesse du test ou du traitement découvert. <http://www.arianapharma.com/>

De manière générale, une activité de co-conception participative consiste à regrouper des utilisateurs et des experts autour d'une table pour concevoir ensemble l'interface d'un outil assistant une résolution de problèmes. Le travail collectif s'appuie sur des idées et réactions com-

plémentaire provenant des différences d'appréciation et de tempérament des co-concepteurs. Il va aboutir à une classification des idées "innovantes et positives", et à une sélection de celles que le groupe va retenir. Le projet jeux de débat <http://www.jeux2debat.net/> a pour objet de faire du débat public une activité de co-conception participative. Le débat public est vu ici comme une démarche de conception participative d'une prise de décision concernant un bien commun comme la santé, la justice et l'éducation. Le débat est ici une manière de procéder à une co-conception participative où interviennent l'ensemble des experts, des scientifiques et des citoyens. D'où une forte disparité des arguments qui seront objectifs, émotionnels, subjectifs ou intersubjectifs. Les scientifiques devront apporter au débat des arguments objectifs, logiques, fondés sur des données. Des thèmes vont émerger des débats via un travail de classification et de sélection des arguments. Il s'agira de faire que la décision finale procède de ces débats.

Les perspectives de recherche sont fécondes tant sur les points théoriques que pratiques car elles se situent au croisement encore peu exploré des sciences exactes, humaines et de l'informatique; en effet ces recherches impliquent de prendre en considération tout autant les descriptions du réel que celles du comportement humain et de voir comment élargir une activité cognitive en lui associant des procédés informatisés de classification. L'informatique actuelle permet une démarche collective de créativité. Mais attention! leur mise en pratique sur des biens communs concernant le bien être de l'humanité comme l'éducation, la justice et la santé requiert l'adhésion à une charte garantissant le respect de valeurs comme la "dignité humaine" et de principes d'efficacité comme la collégialité, subsidiarité et transparence.

Créativité individuelle et style : Le projet FlowMachines

François Pachet
Sony CSL et Lip6, UPMC

Créons !

La créativité semble devenir le nouveau leitmotiv de notre société pourtant plongée dans une crise économique, sociale, écologique grave. Créez, créez ! nous exhortent ces publicités pour des marques d'ordinateurs, de logiciels, même de voitures et de biens courant.

Comme si c'était facile ! Tout le monde a fait l'expérience de la dimension douloureuse de l'expérience de création individuelle : rédiger une thèse, certes, mais aussi un papier, comme pour ce numéro spécial, composer une simple mélodie, une séquence d'accords, inventer une histoire simple... Même rédiger un email peuvent nous plonger, dans certain cas, dans des états mentaux très désagréables : impression d'impuissance, de blocage, de tourner en rond. De n'avoir, au fond, rien à dire.

Dans certains cas seulement : le psychologue M. Csikszentmihályi a décrit l'état exactement inverse, qu'il nomme Flow, dans lequel, au contraire, on est complètement porté par la tâche en cours (Csikszentmihályi, 1975). Cet état, qu'il caractérise par certains critères qualitatifs (perte de la notion du temps, capacité à se créer soi-même ses propres objectifs, etc.) est hautement enviable : d'une part il nous permet d'échapper aux contingences de la vie courante, mais surtout il nous permet de faire l'expérience, qu'il nomme "optimale" d'être totalement engagé dans son activité : finalement d'être en plein cœur de soi-même, et d'être libre. Csikszentmihályi a ainsi observé non seulement des chercheurs (dans tous les domaines) mais aussi des sportifs, des enseignants, voire même des femmes de ménage, qui sont capables d'atteindre ces états de Flow de manière autonome, afin d'en tirer les bribes d'une théorie. En première approximation, il s'agit d'être dans un zone qui offre les meilleurs objectifs (challenges) en fonction de ses capacités (skills, Figure 1). Malheureusement, ces états, s'ils semblent bien réels, restent mal connus. En particulier, on ne sait pas bien comment y arriver, ni comment enseigner à y arriver.

Le projet FlowMachines [FlowMachines 2012], subventionné par une généreuse bourse ERC Advanced Grant, a précisément comme but de mieux comprendre les problèmes de la créativité individuelle sous cet angle, avec un point de vue d'un ingénieur en intelligence artificielle. Il ne s'agit pas ici de construire des machines créatives (évitons le débat sans fin sur "qu'est-ce que la créativité?"). Il s'agit ici de construire des machines qui permettent à un individu d'aborder les tâches de création de manière à faciliter ces états idéaux, fluides et épanouissants, dans lesquels tout semble facile.

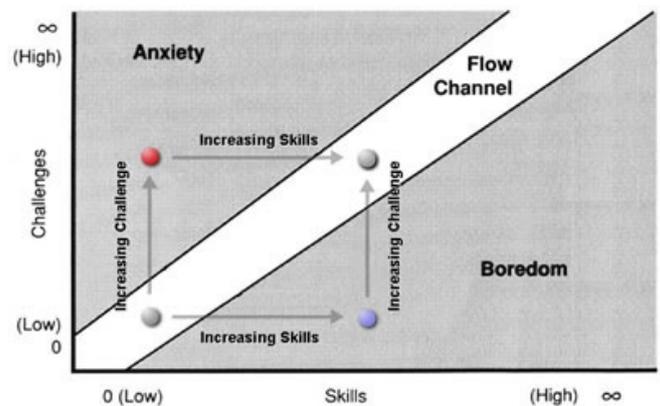


Fig. 1 : Le Flow selon Csikszentmihályi est un état mental optimal, entre ennui et anxiété.

Utopique ? Oui sans doute, ce projet est très ambitieux. Mais il ne part pas de rien. Nous avons déjà construit de telles machines dans le domaine de l'improvisation libre : le Continuator [Pachet, 2003]. Ce système écoute un utilisateur (musicien ou pas) jouer librement sur un clavier puis se met à lui répondre, en réutilisant ses propres éléments musicaux. En apprenant en temps réel des bribes du "style" de l'utilisateur, et en répondant par de nouvelles phrases dans ce même style appris à la volée, nous avons montré que de tels dialogues fascinaient les utilisateurs à un point qui allait du delà de l'effet démo. Ces expériences, conduites avec des enfants (voir le projet Mirror, [Mirror, 2012]) aussi bien qu'avec

CRÉATIVITÉ INDIVIDUELLE ET STYLE : LE PROJET FLOWMACHINES

des musiciens de jazz nous ont alors poussé à essayer de généraliser l'approche. C'est ainsi qu'est né le projet.

Flow et ZPD et Style

Si les états de Flow sont de bonnes cibles, ils n'en restent pas moins flous, mal définis, et difficilement réductibles à des modèles pour informaticiens. Une autre source d'inspiration qui se révèle bien plus fructueuse pour définir notre champ d'étude : Vigotsky. Ce psychologue russe des années 1920 a introduit notamment cette notion de "zone de développement proximal" ou ZPD en anglais. Cette zone définit ce qu'un élève est capable d'apprendre avec l'aide d'un enseignant (Cf. Figure 2). Selon lui, le rôle de l'enseignement serait précisément d'amener à un élève à apprendre ce qui est déjà potentiellement en lui. Bien qu'il semble presque trivial, ce diagramme a eu beaucoup d'influence dans la pensée pédagogique du XXe siècle. Nous le prenons ici comme une parfaite définition de notre champs d'étude : comment explorer en effet cette zone propre à chacun d'entre nous, qui exploite au mieux toutes nos potentialités ?

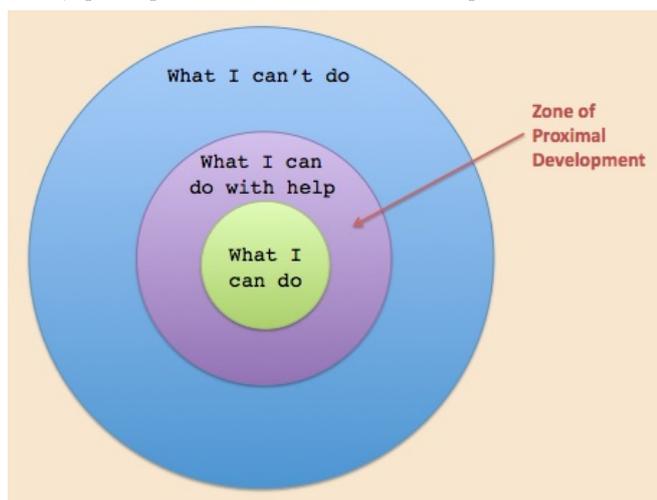


Fig. 2 : La zone de développement proximal selon Vigotsky.

C'est ici qu'intervient la notion de style : c'est le style qui permet de donner un sens computationnel à la notion de ZPD et in fine permet d'imaginer ces applications d'authoring d'un genre nouveau. En effet, on peut considérer que l'exploration de sa ZPD consiste à naviguer dans l'espace des artefacts que l'on pourrait construire, avec ses connaissances courantes. Si l'on se restreint au cas particuliers des séquences (le texte, la musique, le dessin peuvent se modéliser comme des séquences dans des espaces adéquats), alors on peut définir la ZPD comme la généralisation d'un ensemble de séquences données par

l'utilisateur (Cf. Figure 3). Le rôle d'une flow machine est alors de construire cet ensemble et de donner des moyens de navigation à l'utilisateur.

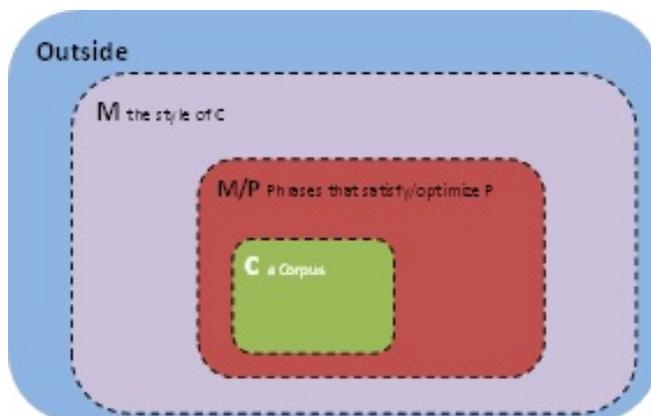


Fig. 3 : Le schéma général de la navigation sous contraintes dans un style spécifié par un corpus.

Cela semble facile a priori, mais les apparences sont trompeuses. Nous illustrons cette idée avec le cas particulier des modèles markoviens pour lesquels nous avons obtenu quelques résultats intéressants.

Le problème technique de base

Le problème technique de base est défini simplement. Etant donné un corpus (ensemble fini de séquences finies dans un alphabet donné), nous voulons produire de nouvelles séquences de longueur donnée qui satisfont essentiellement deux critères :

Etre "markoviennes". Ceci signifie que les séquences doivent être engendrables par le modèle Markovien estimé à partir du corpus. En pratique, celles-ci sont construites en accumulant des bouts de séquences pris dans les séquences du corpus. Ces bouts peuvent être de longueur variable. On s'intéresse aussi à la probabilité de ces séquences : les bouts les plus fréquents étant considérés comme plus typiques que les bouts les plus rares, etc. Mais pas seulement : on veut aussi pouvoir éviter des bouts trop longs (contrainte d'ordre maximal) ou aussi autoriser certains bouts non Markoviens, mais engendrés par d'autres processus de transformation. Toute une série de processus de constructions à partir d'une généralisation du corpus peuvent ainsi être définis.

Satisfaire des contraintes utilisateurs. C'est là que le bât blesse et que le problème devient intéressant. Ces contraintes sont issues du domaine d'applica-

CRÉATIVITÉ INDIVIDUELLE ET STYLE : LE PROJET FLOWMACHINES

tion et sont le plus souvent très naturelles : composer une mélodie qui se termine par la tonique (contrainte sur la dernière note), qui ne contient qu'un seul accord septième (contrainte dite de cardinalité sur toute la séquence), ou bien écrire une phrase avec une rime (contrainte sur la dernière syllabe) ou avec une certaine métrique (par exemple des alexandrins : contrainte de somme).

Or s'il est trivial de générer des séquences aléatoires à partir d'un corpus (par des procédés dits de random walk), il est en revanche extrêmement difficile d'en générer qui satisfasse de telles contraintes, dans le cas général. La raison en est que ces contraintes, le plus souvent, violent l'hypothèse de Markovianité car elles établissent des relations entre des éléments distants de la séquence.

Alors que faire? Les méthodes traditionnelles consistent à faire du generate-and-test : générer des millions de séquences puis ne garder que celles qui satisfont les contraintes. Les désavantages sont nombreux : le plus embêtant est que l'on n'a aucune garantie de trouver les séquences qui pourraient satisfaire les contraintes! Nous avons proposé dans (Pachet et Roy, 2011) une solution générale au problème : en reformulant la génération de séquences markovienne comme un problème de CSP (contraintes à domaines finis), nous pouvons résoudre n'importe quel problème de ce type.

Par exemple, nous avons exhibé le fameux "Boulez Blues" : séquence de 24 accords (12 mesures, 2 accords par mesure) dans le style de Charlie Parker, c'est-à-dire fabriquée à partir de tous les Blues composés par Charlie Parker, et qui vérifie aussi la contrainte sérielle "Boulezienne" (Schoenbergienne pour être précis) : tous les accords doivent être différents! Ce blues, s'il est un brin artificiel, illustre parfaitement notre propos : nous sommes dans la ZPD de Charlie Parker (dans sa dimension harmonique) et nous en explorons les limites. Un Blues que Charlie Parker n'aurait sûrement jamais composé, mais qui néanmoins s'engendre parfaitement à partir de son style. Et même plus : nous produisons le plus probable de ces Blues improbables (celui qui optimise la probabilité, i.e. le produit des probabilités successives de chaque élément), avec garantie d'optimalité, puisque nous nous situons dans le cadre d'un branch & bound dans une recherche complète.

Hélas, notre méthode n'est pas efficace dans le cas général. Techniquement, le filtrage (arc-cohérence) des contraintes Markoviennes se marie mal avec celui de la contrainte AllDiff (Régis, 1994). Une partie de notre programme de recherche consiste donc à trouver des algorithmes de filtrage efficaces (polynomiaux ou pseudo polynomiaux) pour des classes de contraintes marko-

viennes spécifiques, dans la lignée des travaux sur les contraintes globales (Beldiceanu, 2007). Nous avons déjà obtenu un résultat spectaculaire en montrant que pour toute contrainte unaire ou binaire adjacente, on pouvait résoudre le problème en temps polynomial en transformant le modèle de Markov initial de manière à y "compiler" ces contraintes (Pachet et al., 2011). Ceci, l'air de rien, nous permet de produire efficacement, et complètement, toutes les séquences Markoviennes satisfaisant des contraintes très utiles en pratique. Par exemple, des mélodies se terminant sur la bonne note (souvent caractéristiques de la virtuosité en jazz (Pachet, 2012)), ou le bon accord. Ou bien des phrases "dans le style de" qui en plus satisfont des contraintes syntaxiques, prosodiques, de rimes voire de sémantique (dans une certaine mesure)! Nous avons ainsi produit une version de la chanson Yesterday des Beatles en en gardant intégralement la prosodie et les rimes, mais dans le style de Bob Dylan, des Beach Boys ou Madonna (Barbieri et al, 2012).

Une des questions intéressantes qui se posent ensuite est : dans quelle mesure ces séquences sont-elles bien "dans le style" de l'auteur de départ? Pour y répondre nous conduisons des tests de reconnaissance, à la fois sur les textes (<http://www.csl.sony.fr/stylegame/>) et sur la musique (projet Mirror). Il est bien évident que ces questions sont pour autant préliminaires : bien d'autres peuvent se poser de même nature. Inversement, on pourrait vouloir utiliser des distances stylistiques comme contraintes : produire une séquence dans le style de X, mais pas trop, ou "plus" ou "moins" dans le style Y . . .

En bref, il s'agit ici de "réifier" le style, d'en faire un objet computationnel manipulable en machine, selon la tradition de la représentation des connaissances par objets chère au laboratoire Lip6 (ex Laforia) (Perrot, 1998, Pachet, 2004). Cette réification couvre toutes les étapes de la vie du style : son estimation à partir de corpus, sa généralisation possible (par exemple quand les corpus sont trop petits), sa torsion ou liquéfaction par l'ajout de contraintes ad hoc, sa composition avec d'autres styles, etc.

Composition et Ecriture

Les machines que nous souhaitons construire vont donc permettre à un utilisateur de produire des séquences (texte, musique) en explorant sous contraintes un corpus donné. Si cette idée n'est pas nouvelle (voir par exemple les travaux de l'Oulipo initiés par Raynaud Queneau et toujours actifs), ce qui est nouveau est la possibilité de

CRÉATIVITÉ INDIVIDUELLE ET STYLE : LE PROJET FLOWMACHINES

concevoir des outils mettant en œuvre ces contraintes sur des corpus arbitraires. Ce corpus sera prioritairement le corpus constitué des œuvres de l'utilisateur, mais techniquement il peut tout aussi bien être un corpus quelconque. Un musicien pourra explorer les séquences d'accords qu'il a déjà construites (projet en cours avec Mark d'Inverno, Goldsmith College à Londres), celles de Miles Davis ou Wayne Shorter, ou bien toutes celles du Real Book. Un écrivain pourra partir du corpus constitué de la Recherche du temps perdu, les œuvres de Shakespeare ou l'ensemble de tous les emails qu'il a rédigés depuis 10 ans. Le tout sera bien sûr préalablement annoté automatiquement pour en extraire les catégories lexicales (part-of-speech) et toutes les informations nécessaires à la pose de contraintes utilisateur. Le système pourra alors proposer des phrases, des paragraphes, voir modifier des bouts de textes écrits selon divers contraintes, biais, etc. exprimés par une interface ad hoc. Nous allons écrire des textes entiers à l'aide de ces outils, afin d'étudier finement d'un part quelles sont les contraintes intéressantes, et d'autre part comment le processus de création peut être affecté (dans le bon sens) par l'utilisation de tels outils.

Tout est ici à inventer : le domaine technique des chaînes de Markov finies avec contraintes n'est qu'à peine entamé et de nombreuses questions se posent encore dont certaines très difficiles ; l'analyse de corpus en vue de l'extraction de caractéristiques stylistiques (qu'est ce rend une séquence reconnaissable?), la conception d'applications interactives de production de contenu, mais aussi la modélisation informatique fine des dits styles en vue de leur distribution, échange, voire commercialisation (projet à l'étude). Enfin, nous allons aussi étudier les chroniques complètes d'utilisation de ces machines par des utilisateurs, professionnels (écrivains, compositeurs) comme amateurs afin d'en tirer des enseignements sur le processus de création à l'aide de telles machines.

Conclusion

Ce projet FlowMachine est très ambitieux et couvre un large spectre : problèmes de fond en combinatoire et statistiques, mais aussi défi de conception et expérimentations "grandeur nature". Plusieurs postes sont à pourvoir, à tous les niveaux (assistants, thèses, post-doc, Cf. <http://www.flow-machines.com>). Nous recherchons moins des profils techniques que des individus motivés

et ayant l'expérience de la création sous une forme quelconque : comme disait Jean-Louis Laurière, il faut avoir 2 compétences pour réussir. Une d'elle peut être la programmation et l'intelligence artificielle, mais une seulement ...

Références

- Barbieri, G., Pachet, F., Roy, P. Degli Esposti, M. (2012) Markov Constraints for Generating Lyrics with Style. In Luc De Raedt et al., editor, Proc. of the 20th ECAI, pp. 115-120.
- Beldiceanu, N., Carlsson, M., & Demassey, S. (2007). Global constraint catalogue : Past, present and future. *Constraints*, 12(1), 32–62.
- Csikszentmihalyi, M. (1975) *Beyond Boredom and Anxiety : Experiencing Flow in Work and Play*, San Francisco : Jossey-Bass.
- Pachet, F. (2004) Les nouveaux enjeux de la réification, *L'Objet*, 10(4).
- FlowMachines (2012) Le Projet FlowMachines sur l'étude de la créativité individuelle : <http://www.flow-machines.com>
- Mirror (2010) Le projet européen Mirror sur l'application du Continuator pour la pédagogie musicale des enfants : <http://www.mirrorproject.eu>
- Pachet, F. (2003) The Continuator : Musical Interaction with Style, *Journal of New Music Research*, 32(3) :333–341.
- Pachet, F. (2012) *Musical Virtuosity and Creativity*, in McCormack, J and d'Inverno, M, editors, *Computers and Creativity*, Springer.
- Pachet, F. and Roy, P. (2011) Markov constraints : steerable generation of Markov sequences, *Constraints*, 16(2) :148–172
- Pachet, F., Roy, P. and Barbieri, G. (2011) Finite-Length Markov Processes with Constraints. *Proceedings of the 22nd IJCAI*, pp. 635-642, Barcelona, Spain.
- Pachet, F. (2008) The future of content is in ourselves, *ACM Journal of Computers in Entertainment*, 6(3).
- Perrot, J. F. (1998) Objets, classes, héritage, in *Langages et Modèles à Objets : Etat des recherches et perspectives*, Ducournau, Masini & Napoli, Eds, INRIA 1998, p. 3–31.

Human Robot Interaction and Drawing

Patrick Tresset (patrick@aikon-gold.com) and Frederic Fol Leymarie (ffl@gold.ac.uk)
 Goldsmiths, University of London, UK
<http://www.aikon-gold.com>

Abstract

In this position paper we consider the potential for robots to engage with humans by performing artistic tasks. We report on our experience in building systems for sketching and drawing faces in the style of a human artist.



Figure 1 : Young girl being sketched by Paul at the Ten-derpixel gallery, London, summer 2011.

Introduction

We contribute in this position paper to the idea that a useful type of feedback in robot–human interactions is that which can be obtained and observed by providing robots with sophisticated artistic skills.⁸ The act of producing drawings from observation is a process that exercises fascination on humans. It is also considered to be a difficult skill to acquire (by humans) that only the gifted can master.

By having a robotic system that can execute drawings in a fashion alike what would be expected from an experienced human artist, the fascination of art creativity is potentially transferred to the robot, making it a more likeable entity. To support this point of view, we brie-

fly report on our experience gained in developing such a robot entity, which we named Paul [2].

Paul is a robotic art installation (Figure 1) developed by and based upon the style of artist–scientist Patrick Tresset, working in collaboration with Frederic Fol Leymarie. Paul produces observational drawings of people who pose in front of it. Paul uses technologies and ideas developed in the context of the Aikon-II project at Goldsmiths, University of London, where we investigate the drawing activity through computational modeling and robotics with a focus on sketching faces from life (Figure 2).

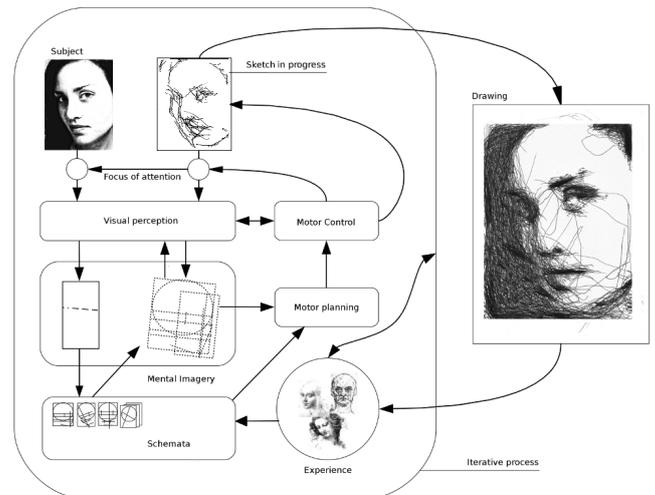


Figure 2 : A general system view on Aikon-II, a research project into the understanding and modeling of the face drawing activity.

As an example of how visual perception feeds into mental imagery which can further trigger a schema [3], we illustrate on the left hand side from the extraction of the pose of a face, a dashed line going through the eyes (in the mental imagery box), from which a specific schema can be retrieved, thus informing further the perception stage, *e.g.* in indicating what information to gather or check and where to expect it.

8. NB : A previous shorter version of this paper was presented in Paris at a workshop associated to Ro-Man 2012 [1].

Our first attempt at creating a robotic entity that draws was exhibited in February 2010 at the Kinetica Art Fair in London, UK. Paul, a more sophisticated robot entity, capable of achieving human aesthetic quality in its drawing, was first shown in June 2011 at the Tenderpixel Gallery, also in London (Figures 1 and 3). Since then, Paul has drawn over 1,000 members of the public, and sold over 200 unique sketches. Paul has been exhibited in 2011 in : the UK, the USA, and Turkey, and in 2012 in : the UK, Italy and France. A portrait by Paul is now part of the Victoria and Albert Museum’s collection in London. The various contexts in which Paul has been exhibited include : (i) *traditional visual art* at the Thinking Through Drawing Symposium (New York, 2011), The London Art Fair (2012), Gallery H+ (Lyon, Sept. to Dec. 2012), Merge Festival (London, 2012), (ii) *digital art* at ISEA (Istanbul, 2011) and the Kinetica Art Fair (London, 2012), as well as for (iii) the *general public*, e.g., at the Victoria and Albert Museum, at Pop!Tech (Camden, USA, Oct. 2011), and with the “Intuition and Ingenuity” touring exhibition, part of the Alan Turing centennial celebrations (2012), all of which have provided us with an extended range of feedback, comments and appreciations. Not to be neglected, important feedback comes also from the professional art scene, including curators, critics, collectors and artists, especially drawing practitioners. In our experience a large proportion of this specialized audience accepts and evaluates Paul’s production as being “surprisingly good” and interesting. A more detailed description of Paul as a robotic system and in terms of algorithms implemented was recently presented in Annecy, France [2].

Background : Robots and Art

Today most research in robotics is geared towards creating utilitarian slave robots, such as those used in the manufacturing industry since the 1970s. Such robots may act in a relatively near future as soldiers, cleaners, builders, drivers and surgeons’ assistants. In contrast, robots invented by artists are usually anything but utilitarian slaves.

Since the birth of the Senster [4], the sensual robotic creature created by Ed Inahtowicz [5] and exhibited in the early 1970s, a significant population of robotic entities have entered the art world. This population is more akin to a troop of performers, rather than a population of slaves, with such examples as *Le Petit mal* by Simon Penny [6], “*Sexed machines*” by Paul Granjon [7], *Robo-Coco’s* voyeur robots driven by curiosity [8], the *Robotic Action Painter* of Leonel Moura [9], or *Kismet*, the social

robot by Cynthia Breazeal [10]. Each of these specimens stays well clear of the “*uncanny valley*” [11, 12]. Yet, due to their movements, interactions and reactions, the human audience tends to express empathy and responds to these simple creatures as if they were alive and likeable.

Paul is not totally autonomous : it needs a human slave/assistant to perform the relatively unskilled work of changing the paper on which Paul draws. Paul is an obsessive drawing entity, and alike most contemporary robots engaged in art production, it stays far from the uncanny valley (Figure 1). However, alike its utilitarian slave siblings, it can replace with more or less success the human, this time in a particular creative activity : that of drawing faces.

There are many examples of computerized systems attempting to draw from *reality* including portraits, e.g. in computer graphics, in a specialised field named Non-Photorealistic Rendering or NPR [13, 14, 15]. Such systems produce approximate renderings extrapolated from reality, usually by taking digital images or 3D models as input. The majority of NPR systems is designed to mimic a *final* result with relatively little attention paid to the artistic generation itself. The pioneering work of Harold Cohen with his AARON system [16, 17] is probably the most well-known example in which a *model of the artist’s activity* whilst drawing/painting from *imagination* has been studied, implemented and refined over the years and successive generations of the system itself. An important difference with respect to AARON is that Paul the robot is conceived to produce drawings based on visual perception while AARON does not consider visual inputs (by design). An early and interesting attempt at creating a robot portraitist is to be found in the works of Sylvain Calinon *et al.* who conceived of a humanoid robot engaging with a sitter and which was based on traditional computer vision routines, without attempting to model the artistic processes themselves [18].

Main features of Paul the robot as an engaging artist

Our main goal is to produce a system that creates drawings of artistic quality equivalent to those produced by the human hand but such that its performing act of drawing is also engaging. By “equivalent” we mean drawings that would have similar aesthetic and affective effect as an artistic drawing.

Paul was designed as a low-cost, reliable robotic system, easily deployable and capable of drawing with little pause — essentially by having the human assistant

change and position the paper canvas — for entire exhibit days (8 to 12 hours). Each drawing performance takes typically between 15 and 25 minutes, sometimes half an hour, a function of lighting, calibration, facial hair and other artefacts (hat, glasses, skin features).

To ensure the sitter and passerby remain captivated by the performance, we have found useful for theatrical effect to have the sitter posing for the entirety of the sketching session. To keep the sitter (and audience) entertained, the camera/eye of Paul remains active throughout the performance, going occasionally back and forth from looking at the sitter and focusing on its line drawing activity. The performance is occasionally paused as if Paul were thinking, looking at its unfinished creation. During active drawing, Paul's arm makes squeaking noises, a sound effect that tends to evoke effort, emphasising the difficulty of the creative act.

This theatrical aspect and its duration have the additional benefit to increase the sitter's affective attachment to the drawing, and for the drawing to be evaluated by a well-disposed potential buyer. Having a process that is slightly demanding for the sitter, and that takes a non-trivial length of time, is likely to be of benefit as well in augmenting the perceived value of the artefact.

Artists often cite the time/process capturing quality of drawing as an important factor contributing to the appeal drawings have to an observer. In a drawing each line is a direct record of the artist's hand motion and the drawing itself a record of a specific sequence of actions performed by the drawer. In effect, a drawing is a precise physical record of the artist's intentions. Based on the recent discovery of the neural mirror system, it has been suggested that some of the actions deployed to create a drawing are mirrored in a part of the observer's neural system, and this may amplify the spectator's emotional response [19, 20]. Paul's drawings are the results of a sequence of movements : as such they are the record of a process. Evidence that the traces that are part of a drawing by Paul were the results of movements can be found in their imperfections. Although these are not akin to imperfections a human would produce, they have characteristics that could have only been produced by a pen in motion on paper driven by an articulated arm. Furthermore, the layering of successive lines and of successive patterns during the shading process adds to the drawing being perceived as the result/consequence of a sequence of movements/processes.



Figure 3 : Sketches by Paul, the Tenderpixel, London, summer 2011.

Technical description

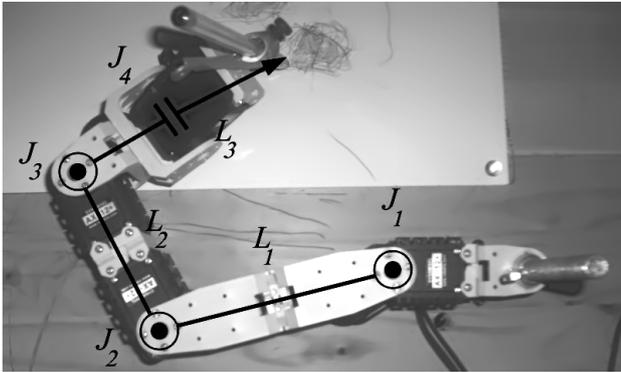


Figure 4 : Bird's eye view on Paul's arm design.

Paul is composed of a left-handed robotic arm holding a black Biro pen (Figures 1 and 4) and an actuated pan and tilt webcam (*eye*) bolted to a table. On one side of the table is a chair. Always present with the installation is an assistant : his/her role is to change the paper and give the signal to Paul that somebody is ready to be sketched which is achieved by covering the camera for ten seconds (again, part of the theatrical aspect). The assistant may also give directions to the sitter and adjust the light. Generally, when space permits, unsold sketches are displayed on the wall around or behind the installation (Figure 5), which further emphasises the theatricality of the performance. Paul also performs a number of behaviours that are currently only pretenses. These actions are implemented to make the audience believe that Paul is more alive than it is, and reinforce the relation between the sitter and Paul. For example, whilst sketching, Paul often has a look at the sitter, scanning the face with multiple saccades and fixations. In reality Paul draws from a single picture taken at the initial stage of the sketching cycle [2]. Paul's eye also follows the pen's movements during the drawing phases.



Figure 5 : Sketches by Paul on the wall at the MergeFestival, Bankside Gallery in London, October 2012.

Hardware

Paul is a robotic hand-eye system solely dedicated to the drawing activity. To remove as much complexity as possible, we have constrained the arm's configuration to that of a three-joints planar arm, with an extra joint to allow for lifting or bringing the pen in contact with the paper (Figure 4). The servos used as actuators, AX-12 manufactured by Robotis [21], are relatively low cost, and as such they present some drawbacks including a relatively low resolution and low feedback frequency. This lack of precision causes disparities between the path planned and the path executed by the arm.

Feedback between Paul and Humans

We summarise here the main modes of feedback that we have thus far observed having a significant impact on humans who either have their portrait drawn by Paul, or are bystanders observing one of Paul's performance. Currently, Paul provides the following types of feedback : movements, gaze, sounds, artistic engagement, and physical production.

Movements : Paul makes drawing gestures inspired by how humans move when drawing. The physical design of Paul's arm, together with its use of visual lines extracted from an image of the sitter in a manner closely related to the human visual system, provides arm gestures that are human-like. Pros : this gives a greater illusion that Paul is sharing human artistic qualities. Cons : it may lead some spectators and other artists to see Paul as a threat to what has thus far been a human trait.

Gaze : Paul's eye looks for a face and then starts to draw and later keeps looking back at the sitter and at the drawing being executed. Again this is read by the human as creating a greater illusion that Paul is alive as a performing artist devoted to its craft. Pros : the gazing activity permits to sustain the attention of the human sitter throughout the performance. Cons : currently, gazing is only used as a trick, and if the human realises this, it may lead them to become negative about Paul's intentions and purpose.

Sounds : Paul is active also at the audio level when performing a drawing. Its joints making squeaking noises which vary in intensity with each gesture's elongation and amount of turning. We have noticed over time that this is often an engaging aspect of the performance, and it is in particular appreciated by younger bystanders and sitters, especially children ; it gives Paul a more anima-

listic presence, alike that of a pet. Pros : provides an additional modality to explore with a robot artist, that of sonification of the performance. Cons : it may become overly repetitive and boring as the performance drags on.

Artistic engagement : By its actions, that of producing lines drawn with an arm alike that of a human, and the observed quality of its outcome, proven by the fact that the sitter often is ready to buy the portrait, but also by the positive reception from the arts community, Paul can engage with humans and generate empathy and interest in its in-workings, design, sophistication. The robot-artist becomes more than a vulgar machine. It is the results of human ingenuity, but starts having a character of its own.

Physical production : Paul not only performs in interaction with humans, but leaves a trace for them to keep. Either an individual will acquire a portrait by Paul, or will admire the production in an exhibition context (Figure 5). This physical trace augments the impact of Paul as an artistic entity by occupying physical memory space, rather than solely the digital, as is common nowadays in the realm of technology and art. The produced portraits, on high quality paper, have greater artistic value, and also engage further the human in projecting back value onto the robot as a potential artistic colleague, or collaborator in drawing sessions, or even as a teacher, a master to learn from.

Conclusions

Since the first exhibition at Kinetica Art Fair in 2010, Paul has evolved in two directions : *(i)* to produce “better” sketches ; *(ii)* to be a more compelling installation. The first version exhibited at Kinetica produced very simple drawings that were not of a satisfactory quality, but were relatively quick in execution hence the sitter would quietly stay for the duration of the sketching process. The next version was exhibited during a solo show at the Tenderpixel Gallery, London. Although this implementation produced interesting drawings, the execution time was raised up to 20 to 30 minutes, making it difficult for the sitter to stay in front of Paul for the entire duration of the process. In a certain manner, if the sitter is not present during the sketching process, the exhibition piece loses a great deal of its impact and meaning. To address this issue, we integrated some behaviors that are only pretenses, but could be used in future implementations as truly functional as the degree of sophistication of the robotic system increases. The behaviors that are currently implemented to increase the empathy between

the sitter and Paul include : *(i)* when the system is drawing the eye follows the pen, *(ii)* the eye pretends to look at the sitter fairly often, *(iii)* when the eye looks at the face, random saccades and fixations are executed.

On the occasion of the “Intuition and Ingenuity” touring exhibition in homage to Alan Turing’s centennial, a functionality was added that allows the human artist to take control of Paul remotely with a tablet. The robot first sends a picture of the sitter to the tablet, pictures which is then used as a view of the sitter by the human artist who can draw with a stylus (on the tablet itself or another smart surface) behind the scene. What is drawn with the stylus is further used as drawing gestures and commands sent back to the robot. This is a playful take on the famed “Turing test” [22] — a test of a computerised system to exhibit intelligent behavior — showing the potential for a human to take control of Paul, and for the audience to be tricked in thinking the drawing by a robot is performed by an artificial mind when it is not.

This opens the door to future explorations of the frontier of engagement in an artistically based activity like drawing by robots and humans. With additional skills, such as more sophisticated visual feedback [2, 23], robots like Paul may soon evolve to be capable to share the creative process with other robots or with humans. We see great potential in this way to make robots more interesting to humans, in particular to children in sharing artistic activities which are so important to their learning and development, and at the same time are very pleasurable [24].

Acknowledgments

We thank the Leverhulme Trust (UK) for its support in the form of a Research Grant (2009-2012).

Bibliographie

- [1] P. Tresset and F. F. Leymarie, "Human robot interaction and drawing." Workshop on "Robot Feedback in Human-Robot Interaction", part of RoMan, the 21st IEEE International Symposium on Robot and Human Interactive Communication, held in Paris, France, September 2012.
- [2] P. Tresset and F. F. Leymarie, "Sketches by Paul the robot," in *Computational Aesthetics 2012 : International Symposium on Computational Aesthetics in Graphics, Visualization, and Imaging* (D. Cunningham and D. House, eds.), (Annecy, France), pp. 17–24, ACM/Eurographics, June 2012.
- [3] R. L. Solso, *The Psychology of Art and the Evolution of the Conscious Brain*. MIT Press, 2003.
- [4] F. Ghedini and M. Bergamasco, "Robotic creatures : Anthropomorphism and interaction in contemporary art," in *IEEE Ro-Man 2010 International Symposium in Robot and Human Interactive Communication*, pp. 731–736, IEEE, 2010.
- [5] A. Zivanovic, "The development of a cybernetic sculptor : Edward ihmaticz and the senster," in *Proceedings of the Fifth Conference on Creativity and Cognition*, (New York, NY, USA), pp. 102–109, ACM press, 2005.
- [6] E. Kac, "Origin and development of robotic art," *Art Journal*, vol. 56, no. 3, pp. 60–67, 1997.
- [7] P. Granjon, "Performing with machines and machines that perform," *International Journal of Performance Arts and Digital Media*, vol. 4, pp. 45–57, 2008.
- [8] P. Gemeinboeck and R. Saunders, "Zwischenraume : The machine as voyeur," in *Proceedings of the first International Conference on Transdisciplinary Imaging at the Intersections between Art, Science and Culture*, pp. 62–70, 2011.
- [9] L. Moura, "A new kind of art : The robotic action painter," in *10th Generative Art Conference*, pp. 16–22, 2007.
- [10] C. Breazeal, *Designing Sociable Robots*. Cambridge, MA, USA : MIT press, 2002.
- [11] M. Mashiro, "Bukimi no tani," *Energy*, vol. 7, pp. 22–35, 1970. in Japanese; see MacDorman 2005, Appendix B, for English translation.
- [12] K. F. MacDorman, "Androids as an experimental apparatus : Why is there an uncanny valley and can we exploit it?," in *Proceedings of the CogSci 2005 Workshop : Toward Social Mechanisms of Android Science*, pp. 106–118, 2005.
- [13] S. Brennan, "Caricature generator," *Leonardo*, vol. 18, pp. 170–178, 1985.
- [14] B. Gooch and A. Gooch, *Non-photorealistic Rendering*. A. K. Peters, 2001.
- [15] H. Chen *et al.*, "Example-based composite sketching of human portraits," in *Proc. of NPAR*, pp. 95–102, ACM Press, 2004.
- [16] H. Cohen, "How to draw three people in a botanical garden," in *AAAI*, pp. 846–856, 1988.
- [17] P. McCorduck, *AARON'S CODE : Meta-Art, Artificial Intelligence and the Work of Harold Cohen*. W. H. Freeman, 1990.
- [18] S. Calinon, J. Epiney, and A. Billard, "A humanoid robot drawing human portraits," in *Proceedings of the IEEE-RAS International Conference on Humanoid Robots*, pp. 161–166, 2005.
- [19] D. Freedberg and V. Gallese, "Motion, emotion and empathy in esthetic experience," *Trends in Cognitive Sciences*, vol. 11, pp. 197–203, May 2007.
- [20] R. Casati and A. Pignocchi, "Mirror and canonical neurons are not constitutive of aesthetic responses," *Trends in Cognitive Sciences*, vol. 11, no. 10, pp. 2006–7, 2007.
- [21] C. Thai and M. Paulishen, "Using robotis bioloid systems for educational robotics," in *Proceedings of the IEEE SouthEastern Conference*, (Nashville, TN, USA), 2011.
- [22] A. M. Turing, "Computing machinery and intelligence," *Mind*, vol. LIX, no. 236, pp. 433–460, 1950.
- [23] P. Tresset and F. F. Leymarie, "Portrait drawing by Paul the robot," *Computers and Graphics*, 2013+. Accepted for publication.
- [24] J. Matthews, *Drawing and Painting : Children and Visual Representation*. SAGE Publications, 2nd ed., 2003.

Co-conception et living Lab, Co-conception et Extraction et Gestion des connaissances

Brigitte Trousse
(EPI AxIS, INRIA)

Abstract

Après avoir été active au sein du Laboratoire de Usages de Sophia Antipolis et mener des recherches en IA pour l'aide à la conception de systèmes complexes, Brigitte Trousse a créé en 2003 l'équipe-projet AxIS [1] à l'Inria sur des recherches multidisciplinaires en Extraction et Gestion des Connaissances (ECD) (principalement usage mining, semantic data mining, recommender systems) pour l'aide à la conception, l'évaluation et l'amélioration des systèmes d'information/systèmes à base de connaissances de demain. Tout en poursuivant ses recherches, l'équipe s'est ensuite investie fin 2007 dans la compréhension de la notion de living lab après la labellisation en 2006 du ICT Usage Lab [2] par le réseau européen des living labs (EnOLL)[3]. En mai 2012 a été créée l'association France Living Labs par 21 living labs français fondateurs [4].

Les Livings Labs : une approche écologique de l'innovation

Articles de vulgarisation : [5,6]

Texte issu de <http://www.ictusgelab.fr/>

En 2000, à Lisbonne, l'Union Européenne a décidé de faire de l'économie de la connaissance un axe majeur de sa politique économique et de son développement sur la décennie à venir. L'analyse effectuée à mi-parcours en 2005 a conduit à mettre en place de nouveaux dispositifs pour accélérer les changements sociétaux et faire de la connaissance et de l'innovation le moteur de la croissance européenne. Les Living Labs constituent un des dispositifs conçus à cette fin. Un Living Lab est un regroupement de partenaires (Territoires, Communauté d'utilisateurs, Institutions Académiques, etc.) qui mutualisent leurs ressources et leurs compétences pluridisciplinaires pour faciliter la réalisation d'expérimentations d'innovation ouverte impliquant des panels d'utilisateurs.

Ce partage d'infrastructures matérielles, d'expertises et de savoir-faire diversifiés permet de conduire des projets dans lesquels des chefs d'entreprise, des chercheurs et des institutions publiques s'engagent à collaborer pour concevoir et tester avec des utilisateurs des produits ou services innovants. Les expérimentations réalisées dans un Living Lab visent à démontrer rapidement l'utilité des nouveaux produits ou services et à valider leur adéquation aux besoins des utilisateurs.

Des innovations expérimentées en "situation naturelle"

Les projets conduits dans le cadre des Living Labs concernent les innovations de rupture, depuis la génération d'idées avec des utilisateurs créatifs (*lead users*) jusqu'aux expérimentations à grande échelle en situation naturelle avec de larges communautés d'utilisateurs. Il y a une implication précoce et continue de communautés d'utilisateurs dans un Living Lab. Les utilisateurs ciblés par l'innovation (grand public ou communautés d'utilisateurs) ont une place prépondérante.

Recherches pour supporter des projets ICT au sein des livings labs

On trouvera dans [7] une première identification des recherches utiles en intelligence artificielle pour la communauté IA réalisée en 2008. Living-Lab et co-conception sont des mots clés corrélés : en effet une démarche de projet de type "living lab" place l'usager au centre de l'écosystème dès la génération d'idées et vise une co-conception des services de demain PAR les usagers. Voir également [11,12] pour une cartographie de Living Labs. Voici les thèmes de recherche menés par l'équipe AxIS sur ce sujet et quelques publications (voir également nos rapports annuels sur notre site Web [1]) :

- Méthodes d'idéation pour des services basés sur l'internet des objets : Aloha! and GenIoT [8]

- Conception et analyse de l'expérience utilisateur : le projet européen ELLIOT [9], revues [10,11]
- Approche multi-disciplinaire TIC-SHS de l'analyse des usages et l'analyse des changements des comportements : voir nos projets PACALABS et le projet ELLIOT (cf. rapport annuel d'activités 2011 et 2012 [1])
- Future of Internet, Living labs et Smart Cities [13,14]

Publications

- 1 EPI AxIS Rapports annuels <http://www-sop.inria.fr/teams/axis>
- 2 ICT usage lab : <http://www.ictusagelab.fr>
- 3 EnOLL : <http://www.openlivinglabs.eu>
- 4 France Living Labs : <http://www.france-livinglabs.fr>
- 5 Lettre de l'INRIA, Sophia Antipolis- Méditerranée (mai 2010), Les living Labs, l'utilisateur, acteur du dispositif d'innovation
- 6 Inventer le futur, cela vous tente <http://www.inriality.fr/vie-citoyenne/living-labs/open-innovation/inventer-le-futur-cela/>
- 7 M. Pallot, B. Trousse, B. Senach, S. Richir, B. de Ruyter, W. Prinz, O. Rerolle et B. Katzy (2008), Living Lab Research, ECOSPACE Newsletter Special Issue on Living Labs, Published by the ECOSPACE Consortium
- 8 A-L. Negri, B. Trousse et B. Senach. Ideation of IoT services with citizen : coupling and AloHa! methods, Serdev 2012 - Service Design and Innovation Conference, Feb 2012, Helsinki, Finland.
- 9 D. Scapin, D., B. Senach, B. Trousse, M. Pallot (2012). User Experience : Buzzword or New Paradigm?. Proceedings ACHI 2012, The Fifth International Conference on Advances in Computer-Human Interactions, Valencia, Spain, January 2012.
- 11 M. Pallot, B. Trousse, B. Senach, et D. Scapin (2010). Living Lab Research Landscape : From User Centered Design and User Experience towards User Cocreation. Proceedings of the Living Lab Summer School, Paris, August 2010.
- 12 J. Salminen, S. Konsti-Laasko, M. Pallot, B. Trousse, B. Senach (2011). Evaluating User Involvement within Living Labs through the use of a Domain Landscape. Proceedings of the 17th International Conference on Concurrent Enterprising, ICE'2011 "Innovating Products and Services for Collaborative Networks", Aachen, Germany, June 2011
- 13 M. Pallot, B. Trousse, B. Senach, H. Schaffers, N. Komninos (2011). Future Internet and Living Labs Research Domain Landscapes : Filling the Gap between Technology Push and Application Pull in the Context of Smart Cities. Proceedings of the eChallenges conference e2011, 26 - 28 October 2011, Florence, Italy
- 14 H. Schaffers, N. Komninos, M. Pallot, M. (eds) FIREBALL white paper on Smart Cities as Innovation Ecosystems sustained by the Future Internet. 2012

Jeux video

Laurent Michaud
Directeur d'Etudes, expert de jeux vidéo, IDATE

Un bon jeu doit poursuivre un objectif de maintenir et alimenter l'imaginaire, le rêve et la créativité quelle qu'en soit la forme. Pourtant, bien présomptueux serait le jeu qui se risquerait à ce genre d'objectif et l'afficherait de la sorte. Enfin, qui a le pouvoir de stimuler la créati-

tivité du plus grand nombre? En somme, je veux bien être amusée par un jeu mais j'admets être embêté à l'idée qu'il assume pouvoir amplifier ma créativité. Je préfère que cette dernière s'amplifie sans que je sache comment.

Le Monde

Dans un système global qui touche à ses limites, dans un contexte social et économique durablement dégradé le chercheur et le designer, dont les approches se construisent souvent en rupture avec les modes de pensée et d'expressions dominantes, sont les mieux à même de proposer ensemble les formes du futur.

À cette fin les programmes de recherche finalisés doivent être plus que jamais tirés par les grands enjeux contemporains et par les connaissances scientifiques plus

que jamais mises au service du quotidien de gens par le canal des institutions et des entreprises. Mais la recherche même appliquée a des logiques qui l'éloignent du vulgaire.

La rencontre de la recherche et du design, LE MONDE SCIENCE ET TECHNO / 27.12.2012 http://www.lemonde.fr/sciences/article/2012/12/27/la-rencontre-de-la-recherche-et-du-design_1810970_1650684.html

L'I.A. au Québec

Nouvelles du Québec
Laurence Capus

C'est aujourd'hui que prend fin mon aventure comme correspondante de l'AFIA au Québec. Raconter ce qui se fait en intelligence artificielle chez nous a été une expérience agréable. J'espère que cela vous a aidé à mieux connaître notre environnement que ce soit avec la recherche, la formation ou encore l'industrie. Je vous remercie de m'avoir lu tout au long des différentes rubriques.

Je laisse donc ma place à non pas un, mais deux correspondants! ... Deux professeurs, Charles Gouin-Vallerand de la TÉLUQ et Bruno Bouchard de l'UQAC, ont accepté de poursuivre cette rubrique. Faire la rédaction en duo est certainement une richesse supplémentaire pour les lectrices et les lecteurs du bulletin de l'AFIA. Je remercie vivement Charles et Bruno d'avoir accepté cette tâche. Je suis certaine que leurs prochaines rubriques vous passionneront.

Pour le moment, une présentation s'impose afin de mieux connaître vos nouveaux correspondants. Ensuite, vous trouverez un aperçu de leurs rubriques à venir.

Merci chères lectrices et chers lecteurs! À vous Charles et Bruno! ...

Charles Gouin-Vallerand, Ph.D., est professeur adjoint en informatique à la Télé-Université du Québec (TÉLUQ) à Montréal, une université du réseau des Universités du Québec spécialisée dans l'apprentissage à distance. Il est également membre du centre de recherche LICEF de la TÉLUQ, spécialisé en informatique cognitive et en environnements de formation. Ses champs d'intérêt en recherche portent sur la sensibilité au contexte, les villes et espaces urbains intelligents, les systèmes intelligents et les interactions humain-machines. Il a effectué un postdoctorat au Human-Computer Interaction Institute de Carnegie Mellon University. Il a obtenu un doctorat en informatique en cotutelle entre l'Université de Sherbrooke (Canada) et Telecom-SudParis/Université Pierre et Marie Curie (France) en 2011.

Bruno Bouchard, Ph.D. est professeur agrégé au département d'informatique et de mathématique de l'Université du Québec à Chicoutimi (UQAC) depuis 2007. Il est le cofondateur et le directeur du Laboratoire d'Intelligence Ambiante et de Reconnaissance d'Activités

(LIARA) de l'UQAC. Dans le cadre du LIARA et de ses nombreux projets de recherche, il a développé une expertise reconnue au Canada et à l'international dans les habitats intelligents, la reconnaissance d'activités et des comportements déviants, la domotique et l'assistance cognitive. Il est détenteur d'un Ph.D. en informatique de l'Université de Sherbrooke et a effectué un stage postdoctoral au Intelligent Assistive Technologies et Systems Lab (IATSL) de l'Université de Toronto.

Au travers de leurs prochaines rubriques sur l'Intelligence Artificielle au Québec, les deux correspondants présenteront les recherches de pointe effectuées dans les industries et les instituts académiques au Québec. Elles aborderont entre autres les recherches effectuées sur les espaces intelligents et l'assistance aux personnes dépendantes, des domaines de recherche qui touchent particulièrement les deux correspondants, mais qui représentent également des domaines de recherche en essor au Québec et au Canada. De plus, avec leurs situations géographiques différentes, la ville régionale de Chicoutimi et la métropole de Montréal, les deux correspondants traceront un portrait large de l'Intelligence Artificielle au Québec au travers des activités académiques et industrielles en cours. Les lecteurs français ne seront pas en reste, puisque les deux correspondants entretiennent de nombreuses collaborations avec des chercheurs français, dont les prochaines rubriques seront certainement questions et qui mèneront peut-être à d'autres collaborations transatlantiques.

Si vous avez des questions, il nous fera plaisir d'y répondre. Vos commentaires seront également appréciés.

À une prochaine fois,

Charles Gouin-Vallerand

TÉLUQ 5800, rue Saint-Denis Bureau 1105 Montréal
(Québec) Canada H2S 3L5

charles.gouin-vallerand@teluq.ca

Bruno Bouchard

Université du Québec à Chicoutimi 555, boul. de
l'Université Chicoutimi (Québec) Canada G7H 2B1

Bruno.Bouchard@uqac.ca

Résumés de thèses et d'HDR

Contrôle intelligent de la domotique à partir d'informations temporelles multi sources imprécises et incertaines

Pedro Chahuara

Thèse de Doctorat

Soutenance le 27 mars 2013 au Laboratoire LIG, Grenoble

Jury : M. François CHARPILLET, Directeur de Recherche INRIA, LORIA, Nancy (Rapporteur); M. Arnaud MARTIN, Professeur des Universités, Université de Rennes 1 (Rapporteur); M. Alain ANFOSSO, Ingénieur, CSTB, Nice; Mme Christel VRAIN, Professeur des Universités, Université d'Orléans; M. Patrick REIGNIER, Professeur des Universités, Grenoble INP, LIG; M. Michel VACHER Ingénieur de Recherche CNRS HDR, LIG; M. François PORTET Maître de Conférences, Grenoble INP, LIG

Résumé : La Maison Intelligente est une résidence équipée de technologie informatique qui assiste ses habitants dans les situations diverses de la vie domestique en essayant de gérer de manière optimale leur confort et leur sécurité par action sur la maison.

La détection des situations anormales est un des points essentiels d'un système de surveillance à domicile. Ces situations peuvent être détectées en analysant les primitives générées par les étages de traitement audio et par les capteurs de l'appartement. Par exemple, la détection de cris et de bruits sourds (chute d'un objet lourd) dans un intervalle de temps réduit permet d'inférer l'occurrence d'une chute.

Le but des travaux de cette thèse est la réalisation d'un contrôleur intelligent relié à tous les périphériques de la maison capable de réagir aux demandes de l'habitant (par commande vocale) et de reconnaître des situations à risque ou de détresse. Pour accomplir cet objectif, il est nécessaire de représenter formellement et raisonner sur des informations, le plus souvent temporelles, à des niveaux d'abstraction différents. Le principal défi est le traitement de l'incertitude, l'imprécision, et incomplétude, qui caractérisent les informations dans ce domaine d'application. Par ailleurs, les décisions prises par le contrôleur doivent tenir compte du contexte dans lequel une ordre est donné, ce qui nous place dans l'informatique sensible au contexte. Le contexte est composé

des informations de haut niveau telles que la localisation, l'activité en cours de réalisation, la période de la journée.

Les recherches présentées dans ce manuscrit peuvent être divisés principalement en trois axes : la réalisation des méthodes d'inférence pour acquérir les informations du contexte (notamment, la localisation de l'habitant et l'activité en cours) à partir des informations incertaines, la représentation des connaissances sur l'environnement et les situations à risque, et finalement la prise de décision à partir des informations contextuelles. La dernière partie du manuscrit expose les résultats de la validation des méthodes proposées par des évaluations menées sur la plateforme expérimentale Domus.

Approche hybride pour le résumé automatique de textes. Application à la langue arabe

Mohamed Hédi Maâloul

Thèse de Doctorat

Soutenue le 18 décembre 2012 à l'Université de Provence, Aix-Marseille

Jury : M. Rim Faiz, IHEC, Université de Carthage (Rapporteur); M. Juan Manuel Torres-Moreno, LIA, Université d'Avignon (Rapporteur); M. Alexis Nasr, LIF, Université Aix-Marseille2; Mme Lamia Hadrich Belguith FSEGS, Université de Sfax; M. Philippe Blache, CNRS - LPL, Université Aix-Marseille

Résumé : Cette thèse s'intègre dans le cadre du traitement automatique du langage naturel. La problématique du résumé automatique de documents arabes qui a été abordée, dans cette thèse, s'est cristallisée autour de deux points. Le premier point concerne les critères utilisés pour décider du contenu essentiel à extraire. Le deuxième point se focalise sur les moyens qui permettent d'exprimer le contenu essentiel extrait sous la forme d'un texte ciblant les besoins potentiels d'un utilisateur. Afin de montrer la faisabilité de notre approche, nous avons développé le système "L.A.E", basé sur une approche hybride qui combine une analyse symbolique avec un traitement numérique. Les résultats d'évaluation de ce système sont encourageants et prouvent la performance de l'approche hybride proposée. Ces résultats, ont montré, en premier lieu, l'applicabilité de l'approche dans le contexte de documents sans restriction quant à leur thème (éducation, Sport, Science, Politique, Reportage,

etc.), leur contenu et leur volume. Ils ont aussi montré l'importance de l'apprentissage dans la phase de classement et sélection des phrases forment l'extrait final.

Apprentissage de la communication dans un système multi-agents ouvert, asynchrone et faiblement couplé

Shirley Hoet

Thèse de Doctorat

Soutenue le 17 décembre 2012 à l'Université Pierre et Marie Curie, Paris

Jury : M. Abdel-illah Mouaddib, Professeur à l'Université de Caen (Rapporteur); M. Alain Dutech, Chargé de recherche INRIA (Rapporteur); M. Vincent Chevrier, Maître de conférence Université de Nancy; M. Patrick Reignier, Professeur à l'Université de Grenoble; M. Olivier Sigaud, Professeur à l'Université Pierre et Marie Curie; M. Nicolas Sabouret, Professeur à l'Université Paris-sud.

Résumé : Dans un système multi-agents, la communication directe permet aux agents, via l'envoi de messages structurés, d'échanger des informations, de déléguer des tâches ou de négocier. Dans les travaux actuels, il est généralement supposé que l'agent connaît la nature (contenu et destinataire) des messages qu'il doit envoyer ainsi que le moment où les envoyer. Mais si l'on se place dans les systèmes multi-agents ouverts (où les agents peuvent entrer et sortir) et faiblement couplés (les agents sont conçus de manière séparée et ne peuvent donc pas connaître a priori les capacités de leurs pairs), cette hypothèse n'est plus valide : les agents ne se « connaissant » pas, ils ne peuvent déterminer à l'avance quels messages s'envoyer. L'objectif de cette thèse est par conséquent de définir des mécanismes pour permettre aux agents d'apprendre à communiquer avec les autres agents, en fonction de leurs objectifs et des changements perçus dans le système.

Dans un premier temps, nous présentons un algorithme d'exploration couplé à un protocole multi-agent permettant à un agent de construire le contenu de ses messages et d'associer ces derniers aux états dans lesquels il peut les envoyer. Ce mécanisme repose sur le caractère introspectif de nos agents qui ont la capacité de raisonner sur leurs états et leurs actions.

Dans un deuxième temps, nous présentons un mécanisme d'apprentissage par renforcement permettant à un agent de déterminer quand il doit ou non communiquer et dans ce cas quel message il doit envoyer. Notre algorithme repose sur l'utilisation d'une mémoire permettant à l'agent de mémoriser ses croyances et ses actes de com-

munication envoyés dans le passé ainsi que sur la définition d'une nouvelle action wait qui permet à l'agent d'attendre quand il ne doit pas communiquer.

Dans un troisième temps, nous présentons un nouveau modèle de mémoire pour l'apprentissage de la communication. En effet, suite à l'évaluation de notre algorithme d'apprentissage, nous avons mis en évidence des problèmes que nous imputons à l'utilisation d'une mémoire qui n'est pas spécifique à la communication et qui de ce fait nuit à notre mécanisme d'apprentissage en créant un ensemble d'états, sur lequel l'algorithme agit, trop important. Notre modèle de mémoire est basé sur une mémorisation des dates et des réponses des messages qui ont été exécutés avec succès. Cela permet de limiter la taille de l'espace d'état sur certains problèmes et de mieux faire converger l'algorithme d'apprentissage.

Enfin, nous proposons un mécanisme permettant d'extraire le modèle des actes de communication, c'est-à-dire les préconditions que doit vérifier la situation de l'agent pour que celui-ci choisisse d'envoyer un message et les effets attendus de ce message sur le système. Notre proposition repose sur la politique apprise par l'agent en utilisant notre algorithme d'apprentissage. À partir de cette politique, nous montrons comment il est possible d'une part d'apprendre les effets des messages en utilisant les capacités d'introspection de nos agents. Puis à partir de l'apprentissage de ces effets, nous proposons d'utiliser un outil de classification pour déterminer des préconditions généralisées.

En conclusion, ce travail de thèse a mis en avant la nécessité pour les agents d'apprendre à communiquer et a proposé un mécanisme basé sur l'apprentissage par renforcement et l'utilisation d'une mémoire pour la construction d'un modèle de messages.

Construction d'ontologies à partir de textes : une approche basée sur les transformations de modèles

Henry Valéry Teguiak

Thèse de Doctorat

Soutenue le 12 décembre 2012 à l'École Nationale Supérieure de Mécanique et d'Aérotechnique, Poitiers

Jury : M. Djamel BENSLIMANE Professeur, Université Claude Bernard / LIRIS, Lyon (Rapporteur); Mme. Sylvie DESPRES Professeur, Université de Paris XIII / Lim&Bio, Paris (Rapporteur); M. Jean CHARLET, Chargé de Recherche/Professeur associé, Ecole Centrale Paris; M. Yamine AIT-AMEUR, INPT-ENSEEIH / IRIT, Toulouse; M. Ladjel BEL-

LATRECHE Professeur, ISAE-ENSMA / LIAS, Futuroscope ; M. Guy PIERRA Professeur, LIAS, Futuroscope ; M. Eric SARDET Directeur Technique, CRITT Informatique, Futuroscope.

Résumé : Depuis son émergence au début des années 1990, la notion d'ontologie s'est rapidement diffusée dans un grand nombre de domaines de recherche. Compte tenu du caractère prometteur de cette notion, de nombreux travaux portent sur l'utilisation des ontologies dans des domaines aussi divers que la recherche d'information, le commerce électronique, le web sémantique, l'intégration de données, etc. L'efficacité de tous ces travaux présuppose l'existence d'une ontologie de domaine susceptible d'être utilisée. Or, la conception d'une telle ontologie s'avère particulièrement difficile si l'on souhaite qu'elle fasse l'objet de consensus. S'il existe des outils utilisés pour éditer une ontologie supposée déjà conçue, et s'il existe également plusieurs plate-formes de traitement automatique de la langue permettant d'analyser automatiquement les corpus et de les annoter tant du point de vue syntaxique que statistique, il est difficile de trouver une procédure globalement acceptée, ni a fortiori un ensemble d'outils supports permettant de concevoir une ontologie de domaine de façon progressive, explicite et traçable à partir d'un ensemble de ressources informationnelles relevant de ce domaine. L'objectif du projet ANR DaFOE4App (Differential and Formal Ontologies Editor for Application), dans lequel s'inscrit notre travail, était de favoriser l'émergence d'un tel ensemble d'outils. Contrairement à d'autres outils de construction d'ontologies, la plate-forme DaFOE, présentée dans cette thèse, ne propose pas un processus de construction figé ni

en nombre d'étapes, ni sur la représentation des étapes. En effet, dans cette thèse nous généralisons le processus de construction d'ontologies pour un nombre quelconque d'étapes. L'intérêt d'une telle généralisation étant, par exemple, d'offrir la possibilité de raffiner le processus de construction en insérant ou modifiant des étapes. On peut également souhaiter supprimer certaines étapes à fin de simplifier le processus de construction. L'objectif de cette généralisation est de minimiser l'impact de l'ajout, suppression ou modification d'une étape dans le processus global de construction d'ontologies, tout en préservant la cohérence globale du processus de construction. Pour y parvenir, notre approche consiste à utiliser l'Ingénierie Dirigée par les Modèles pour caractériser chaque étape au sein d'un modèle et ensuite ramener le problème du passage d'une étape à l'autre à un problème de mapping de modèles. Les mappings établis entre les modèles sont ensuite utilisés pour semi-automatiser le processus de construction d'ontologies. Ce processus de construction se faisant dans un contexte persistant de base de données, nous proposons dans cette thèse, d'une part, pour les bases de données dites à base de modèles (BDBM) du fait qu'elles permettent de stocker à la fois les données et les modèles décrivant ces données, une extension pour la prise en compte des mappings, et, d'autre part, nous proposons le langage de requête MQL (Mapping Query Language) qui, en masquant la complexité de l'architecture de la BDBM facilite son exploitation. L'originalité du langage MQL se trouve dans sa capacité, au travers de requêtes syntaxiquement compactes, à explorer transitivement tout ou partie du graphe de mappings lors d'une recherche d'informations.

Compte-rendu de la conférence européenne sur l'I.A. (ECAI'12)

Marie-Odile Cordier (IRISA, Rennes)

La conférence bisannuelle ECAI (European Conference on AI) a eu lieu entre le 27 et le 31 août 2012 à Montpellier. L'ECAI était comme d'habitude organisé par l'ECCAI (European Coordinating Committee for Artificial Intelligence), qui rassemble les associations européennes en Intelligence Artificielle, et pour cette édition par l'AFIA. L'organisation locale était prise en charge par le LIRMM (Laboratoire d'Informatique de Montpellier), sous la houlette de Christian Bessière, épaulé par ses équipiers du "staff", repérable facilement par leur tee-shirt bleu vif. Didier Dubois, président de la conférence, et Luc de Raedt, président du comité de programme, s'étaient entourés de nombreux responsables, dont l'efficacité a assuré la réussite tant scientifique que quotidienne, de cette 20^{ième} édition.

Quelques chiffres : 563 articles soumis, dont 71 papiers courts, 140 articles longs et 23 articles courts acceptés, ce qui correspond à un taux d'acceptation de 28,5% (articles longs) et 32,3% (articles courts présentés sous forme de posters). On peut noter cette nouveauté, permettant de soumettre des articles sous un format long ou court dès le départ, sachant qu'aucun article long n'était considéré pour la catégorie court (et vice-versa bien sûr). Je trouve cela très bien, car cela évite la réduction d'un article long en article court après relecture, qui est un exercice périlleux, peu gratifiant pour les auteurs, et peu satisfaisant pour les relecteurs.

Ce vingtième anniversaire donnait une belle occasion de fêter le centenaire de Turing.

Nous eûmes en particulier trois sessions consacrées à Turing, permettant à un beau panel d'invités de présenter un historique de l'Intelligence Artificielle, depuis sa naissance, son essor aux Etats-Unis et en Europe (dès les années 70) et son développement actuel, ceci devant un amphithéâtre en général plein, malgré la concurrence des autres sessions en parallèle.

Quatre exposés invités étaient au programme et ils firent eux aussi amphithéâtre plein au petit matin (9h). Le point fort de celui de Wolfram Burgard, dédié à la robotique par des algorithmes probabilistes, était la balade spec-

taculaire effectué par son robot dans les rues de Freiburg, au milieu des passants, des journalistes, et aussi ... des pigeons qui le laissaient manifestement perplexe, à la grande joie des canards qui passaient par là et commentaient la chose. Comme le remarqua W. Bibel dans sa question, l'Intelligence Artificielle semblait encore bien absente, ce que l'orateur a reconnu en laissant cela dans les perspectives ; en particulier pas de connaissances lui permettant d'identifier les objets rencontrés et d'en tirer des conséquences par un raisonnement même simple.

Adnan Darviche nous présenta le lendemain les OBDDs (ordered binary decision diagrams) et leurs généralisations. Un enthousiasme sympathique et une pédagogie remarquable ont fait de cet exposé un moment très agréable. Sur le fond, il est clair que l'efficacité de la représentation compilée des connaissances est importante et dépend de ces structures de données sophistiquées, et des algorithmes qui vont avec. Ceux qui découvraient ces algorithmes ont été très intéressés ; je dois dire que j'ai été cependant un peu déçue sur le fond car je connaissais les algorithmes présentés pour les avoir enseignés, et A. Darviche pris par son sujet, n'a pas à mon sens remis ces techniques en perspective d'une vision vraiment IA : oui aux algorithmes, mais dans quel but ? avec quels motivations ? pas la seule efficacité, ou au moins une efficacité motivée par une utilisation spécifique, après une réflexion sur quelles données veut-on favoriser, à quels accès donner la priorité ?

J'ai été "emballée" par l'exposé de Tom Mitchell, présentant avec conviction et presque gourmandise, le grand œuvre qu'il a entrepris avec son équipe depuis quelques (4-5) années autour du projet NELL. Un programme qui tourne 24h sur 24, collecte des informations textuelles sur le web, les analyse de manière très basique et apprend en continu, se constituant ainsi des bases de connaissances de plus en plus larges et complexes. Beau projet, qui m'a rappelé le projet CYC, lancé en 84 par Douglas Lenat, mais aussi J. Pitrat et le "bootstrap" ; avec aussi des liens avec le projet Watson présenté par IBM la veille. Des discussions avec des plus spécialistes que moi sur l'apprentissage à partir de textes m'ont un peu refroidie,

COMPTE-RENDU DE LA CONFÉRENCE EUROPÉENNE SUR L'I.A. (ECAI'12)

soulignant qu'il était un peu dommage de ne pas s'appuyer sur les avancées importantes dans le domaine, et au moins ne pas se situer par rapport à ces techniques, surtout pour un tel spécialiste, qui ne peut être soupçonné de ne pas les connaître. Cela montre bien que les exposés invités sont appréciés diversement, selon ses propres compétences, ses motivations et recherches en cours ..

Le dernier exposé m'a lui aussi beaucoup plus. Mikael Wooldridge a, de manière à la fois ludique par ses illustrations, et rigoureuse, chercher à nous convaincre de l'importance de la notion d'équilibre économique, et en quoi cela pouvait être un outil intéressant pour comprendre et réguler les comportements de plusieurs agents, qu'ils soient humains ou informatiques. dans un contexte de décision de type théorie des jeux. Partant d'un jeu assez terrible de la TV britannique, mais aussi des enchères sur e-bay, M. Wooldridge a présenté le modèle des jeux booléens, auxquels est ajouté un système de taxations pour influencer sur les préférences des joueurs qui ne sont motivés que par leur seul intérêt (c'est l'hypothèse de base, un peu triste, mais réaliste?). M. Wooldridge a de plus le mérite d'associer à son exposé un article long que l'on trouve dans les actes de la conférence.

Une nouveauté était l'organisation de sessions intitulées "Novel Frontiers of Artificial Intelligence" au cours desquelles six invités ont donné leurs visions prospectives dans leur domaine de compétence. L'assistance nombreuse à ces sessions démontre l'intérêt que l'audience leur a porté, j'ai compté plus d'une centaine de personnes le vendredi après-midi, à quelques heures de la clôture! Bel intérêt en général pour les thématiques assez générales (centenaire de Turing, conférences invitées, et conférences prospectives) qui était tout à fait justifié mais nuisait aux sessions plus techniques qui se sont souvent passé en petit comité de spécialistes.

Beaucoup de monde aussi autour des posters (présentation des articles courts) et des démos, avec un prix pour la meilleure démo après vote du public revenant à un robot empileur de cubes et constructeur de gué... et des discussions animés avant de partir pour le banquet.

Celui-ci nous a donné l'occasion de découvrir une abbaye cistercienne (restaurée) très belle, de déguster des spécialités raffinées de la région, de dîner dans une nef du début du gothique (première au moins pour moi), mais aussi en bonus, de voir Didier Dubois assumer son rôle de président à 100%, puisqu'il nous a épatés et émus en s'accompagnant à la guitare pour chanter un tube de Bob Dylan et une chanson du folklore néozélandais.

Deux journées dédiées aux tutoriels et aux ateliers spécialisés précédaient la conférence elle-même et avaient lieu sur le site de l'université Montpellier2. Beaucoup de monde pour beaucoup d'ateliers en parallèle, il fallait savoir choisir!, quelques-uns devant un auditoire restreint mais toujours très motivé. Nous avons aussi pu profiter de l'implantation d'IBM à Montpellier qui nous a invité, et très bien, à une série d'exposés dans leurs beaux locaux. Ceci nous a permis entre autre de découvrir les activités des centres de recherches de Dublin et d'Haifa. J'ai beaucoup apprécié d'avoir une présentation bien adaptée au public du projet Watson, vainqueur récent comme nous l'ont rapporté les journaux et magazines, du jeu "Jeopardy" aux US, projet représentant un défi assez excitant et bien représentatif de ce que l'on peut faire en s'en donnant les moyens (en hommes/mois, en machines ...) pour exploiter les très nombreuses connaissances textuelles, de manière efficace, même si forcément un peu ad-hoc. Je pense que cela peut être un très bon support pour présenter à nos étudiants les réussites de l'IA, au même titre que les programmes de jeux ou les promenades en ville des robots humanoïdes.

La conférence hébergeait comme les éditions précédentes la conférence STAIRS (STarting AI Researcher Symposium) ainsi que PAIS (Prestigious Applications of Intelligent Systems), dont les articles sont dans les actes, et de manière plus indépendante la conférence RULE-ML.

J'ai beaucoup apprécié l'ambiance générale, favorisée par la mobilisation de toute l'équipe locale, mais aussi l'emplacement très central du CORUM, où avait lieu l'essentiel de la conférence, avec la proximité de petits restaurants agréables, permettant sans aucun problème de se restaurer agréablement et à prix raisonnable (les repas n'étaient pas inclus dans l'inscription), la facilité des déplacements en tramways ou à pied, les pauses café agréables, et la chance d'avoir fait venir l'exposition "Caravage" au musée Fabre, tout proche, à cette même période! Une lettre, distribuée tous les matins et très bien faite, rassemblait quelques photos marquantes, les invités du jour, les célébrités locales, les conseils de visites de la région, avec le seul défaut de donner bien envie de suivre ces conseils et d'aller faire un tour ...

Un regret, la place de la gente féminine très peu visible, aucune dans les orateurs invités, aucune parmi les "historiques" des sessions Turing, pas de vraiment visible dans les organisateurs sur scène, bien peu pour les présidences de session et même peu, est-ce une impression?) parmi les auditeurs (je n'ai pas les chiffres, mais les ai demandés).

Compte-rendu du workshop Affect, Compagnon Artificiel, Interaction (WACAI'12)

Carole Adam (LIG, Grenoble), co-présidente du comité d'organisation de WACAI 2012

Le premier workshop Affect, Compagnon Artificiel, Interaction (WACAI 2012) s'est déroulé les 15 et 16 Novembre 2012 à l'IUT2 de Grenoble. Le workshop WACAI s'inscrit dans la continuité des workshop WACA (Workshop Agents Conversationnels Animés, Grenoble 2005, Toulouse 2006, Paris 2008, Lille 2010) du GT ACA du GDR I3. Il en constitue une évolution et une orientation vers la robotique affective avec la participation du GDR Robotique, notamment au travers d'une conférence invitée de Rachid Alami, directeur de recherche au LAAS de Toulouse.

L'objectif de ce workshop est de rassembler la communauté française dans le domaine des Agents Conversationnels Animés, des compagnons virtuels et robotiques, et de l'interaction affective homme-agent, et de permettre des échanges sur les travaux en cours. Il permet notamment aux doctorants de présenter leurs travaux. Cette première édition sous ce nouveau nom a vu la soumission d'une trentaine d'articles, chacun évalué par deux relecteurs, et a attiré environ 70 participants autour de 24 présentations (19 longues et 5 courtes), 6 posters,

et 3 conférences invitées. Ces trois conférences invitées concernaient les domaines de la psychologie cognitive et de la robotique affective, insistant sur l'aspect pluridisciplinaire de ce domaine de recherche. WACAI a aussi fait l'objet de diverses retombées médiatiques (articles dans le Dauphiné Libéré et le 20 Minutes, interviews radio sur RCF, reportage sur Télé Grenoble), montrant l'intérêt du public pour le domaine des compagnons artificiels.

Le comité d'organisation tient à remercier les personnes qui ont contribué au succès de WACAi 2012 : le comité de programme et les relecteurs supplémentaires, le comité d'organisation et notamment l'équipe de l'IUT2 pour l'accueil dans leurs locaux, le support logistique et le lien avec la presse. Nous remercions aussi nos partenaires pour leur soutien financier : l'Université Pierre Mendès France, l'Université Joseph Fourier, la Ville de Grenoble, la Métro, et l'AFIA.

Les articles, les transparents des conférences invitées, les reportages dans la presse et les photos sont disponibles sur le site du colloque WACAI 2012 : <http://wacai2012.imag.fr>

SOMMAIRE DU BULLETIN N° 78

Editorial	3
Créer le futur?	4
Intelligence artificielle peut-elle rebooster la créativité humaine?	5
Créativité et innovation dans les humanités numériques	9
UR.LL.TL : un exemple de Living Lab pour développer l'é-co-innovation à La Réunion	14
Créativité et assistance informatique	23
CREAPRO : Étude du processus créatif dans plusieurs domaines d'activité ..	28
La conception inventive : une méthode pour structurer le processus de créativité	33
Co-conception et classification	39
Créativité individuelle et style : Le projet FlowMachines	40
Human Robot Interaction and Drawing	44
Co-conception et living Lab, Co-conception et Extraction et Gestion des connaissances	50
Jeux video	52
Le Monde	53
L'I.A. au Québec	54
Résumés de thèses et d'HDR	55
Compte-rendu de la conférence européenne sur l'I.A. (ECAI'12)	58
Compte-rendu du workshop Affect, Compagnon Artificiel, Interaction (WACAI'12)	60

CALENDRIER DE PARUTION DU BULLETIN DE L'AFIA

	<i>Hiver</i>	<i>Été</i>
Réception des contributions:	15 décembre	Réception des contributions: 15 juin
	Sortie le 31 janvier	Sortie le 31 juillet
	<i>Printemps</i>	<i>Automne</i>
Réception des contributions:	15 mars	Réception des contributions: 15 septembre
	Sortie le 30 avril	Sortie le 31 octobre