

# Rapports de synthèse des ateliers PIRSTEC

## Sommaire

<b>A. FONDEMENTS ET MECANISMES : COMPRENDRE ET SIMULER .....</b>	<b>5</b>
<b>I. Substrats : Neurosciences et modélisation</b>	<b>6</b>
<b>II. Fonctions communicatives et fonctions exécutives</b>	<b>37</b>
<b>III. Interaction : de l'individu au réseau</b>	<b>71</b>
<b>B. INTERFACES ET SECTEURS D'APPLICATION : LES SCIENCES COGNITIVES DANS LA SOCIETE .....</b>	<b>151</b>
<b>IV. Apprentissage et éducation</b>	<b>153</b>
<b>V. Santé et handicap</b>	<b>201</b>
<b>VI. Ingénierie, Instrumentation, technologies</b>	<b>283</b>

## Table des matières

<b>A. FONDEMENTS ET MECANISMES : COMPRENDRE ET SIMULER</b>	<b>5</b>
<b>I. Substrats : Neurosciences et modélisation</b>	<b>6</b>
Sciences et technologies de la cognition par la modélisation neuronale <i>par F. Alexandre (atelier 22)</i>	7 7
Les interfaces cerveau-machine <i>par O. Bertrand (atelier 16 – texte en attente)</i>	13
Imageries cérébrales pour les sciences cognitives : bilans et enjeux <i>par S. Takerkart (atelier 23 – texte en attente)</i>	15
The Biology of Decision Making <i>par T. Boraud (atelier 25)</i>	17
Robotique Cognitive en 2009 <i>par Benoît Girard (rapport du GDR Robotique)</i>	21 21
Compte-rendu de la réunion GDR-vision / PIRSTEC <i>par P. Mamassian</i>	23 23 23
La mémoire : fonctionnement et dysfonctionnements <i>Contribution de S. Laroche et B. Poucet</i>	33
<b>II. Fonctions communicatives et fonctions exécutives</b>	<b>37</b>
Perception spatiale, cognition motrice et adaptation sociale des organismes naturels et artificiels <i>par Y. Coello (atelier 13 – texte en attente)</i>	39
COGNITION MOTRICE, REALITE VIRTUELLE ET LEURS APPLICATIONS BIOMEDICALES <i>par Thierry Pozzo (atelier 14)</i>	41
Compte-rendu de la réunion GDR-vision / PIRSTEC <i>par P. Mamassian (voir section précédente)</i>	44 44 44
Oculomotricité <i>par Z. Kapoula (atelier 15 – texte en attente)</i>	52
L'acquisition de l'orthographe <i>par S. Casalis (atelier 5 – texte en attente)</i>	53
Plurilinguisme, des substrats neuronaux aux pratiques sociales <i>par C. Tremblay (atelier 7 – texte en attente)</i>	55
Manuscrits, linguistique, cognition <i>par Claire Doquet-Lacoste (atelier 12 – texte en attente)</i>	57
La mémoire : fonctionnement et dysfonctionnements <i>Contribution de S. Laroche et B. Poucet (voir aussi section précédente)</i>	58
Langage et Cognition <i>par C. Parisse (atelier 4)</i>	63
Spécificités du langage : des questions à approfondir <i>par Bernard Victorri</i>	67 67

<b>III. Interaction : de l'individu au réseau</b>	<b>71</b>
Atelier de prospective sur la Cognition Sociale par Catherine Garbay, Philippe Gaussier, Elisabeth Pacherie et Jean-Luc Schwartz (atelier 6)	72
Neuroéconomie et émergence des comportements économiques par S. Bourgeois-Gironde (atelier 31)	121 121
CONTRIBUTION FINALE	123
DU GDR PSYCHO ERGO	123
À LA PROSPECTIVE DU PIRSTEC <i>par JM Hoc</i>	123
<b>B. INTERFACES ET SECTEURS D'APPLICATION : LES SCIENCES COGNITIVES DANS LA SOCIÉTÉ</b>	<b>151</b>
<b>IV. Apprentissage et éducation</b>	<b>153</b>
Résultats de l'atelier de réflexion prospective sur les EIAH <i>par P. Tchounikine (atelier 1)</i>	155
Dynamiques de la construction des connaissances <i>par JM Dusseau (atelier 3)</i>	165
Fondements cognitifs des processus de conception collaborative à distance - Applications à la pédagogie de la conception architecturale <i>par J. P. Goulette (atelier 9)</i>	187
Rehaussement cognitif: neurosciences, pédagogie, remédiation <i>par J. Proust (atelier 17)</i>	193
Quelles évaluations pour les applications des sciences et technologies cognitives ? <i>par F. Ramus</i>	198
<b>V. Santé et handicap</b>	<b>201</b>
Handicap et cognition par JL Nespoulous (atelier 10 – texte définitif en attente)	203
Langage et Démence <i>par L. Lefebvre (atelier 11)</i>	209
?Les interfaces cerveau-machine et neuroprothèses <i>par O. Bertrand (atelier 16 - texte en attente)</i>	215
? Rapport du GDR Mémoire	217
? Rapport du GDR Vision	219
? Rapport du GDR psycho-ergo (partie sur le vieillissement)	221
Rapport du GDR CNRS 296 GRAEC	223
Recherche Transdisciplinaire sur les Hallucinations et Autres Etats Modifiés de Conscience <i>par G. Dumas et al. (atelier 26)</i>	227
<b>VI. Ingénierie, Instrumentation, technologies</b>	<b>283</b>
Interactions homme/système-artificiel <i>par F. Dehais (atelier 19)</i>	285
Sciences cognitives, réalité virtuelle et arts <i>par G. Dumas (atelier 26)</i>	289
Réalités virtuelles et psychiatrie <i>par Roland Jouvent (texte en attente)</i>	291 291



## **A. Fondements et mécanismes : comprendre et simuler**

# **I. Substrats : Neurosciences et modélisation**

# Sciences et technologies de la cognition par la modélisation neuronale

*par F. Alexandre (atelier 22)*

**Compte-rendu de l'Atelier PIRSTEC-NeuroComp :  
16 juin 2009**

**Participants** : F. Alexandre, H. Berry, T. Boraud, L. Bougrain, P. Capdepuy, O. Coenen, J. Droulez, P. Gaussier, B. Girard, S. Girault, J. Henry, M. Maier, A. Palacios, H. Paugam-Moisy, N. Rougier, F. Ruffier, S. Saighi, J.-M. Salotti, T. Viéville

En complément des textes et des supports d'exposés, quelques notes sur nos débats.

En **introduction**, rappel du contexte de ce travail de prospective pour PIRSTEC avec en premier lieu des propositions de thématiques pour de futurs Appels à Projets de l'ANR, mais aussi des analyses des forces et des faiblesses de notre communauté. Egalement, rappel de la procédure suivie : enquête dans la communauté, réponses d'équipes représentant une centaine de permanents ; une dizaine de thèmes sélectionnés, préparés et présentés oralement à cet atelier pour initialiser les débats. Excellente ambiance et, surtout, consensus clair sur notre analyse du domaine.

Avant de reprendre les thèmes abordés, nous rappelons le positionnement de notre communauté et soulignons les sujets évoqués de façon transversale lors de l'atelier et qui nous semblent essentiels :

## **Positionnement de la communauté sur le sujet**

"Aborder la cognition par la modélisation neuronale":

Le système nerveux étant le siège de la cognition, l'étude du cerveau et de ses fonctions (neurosciences intégratives) est au centre d'une compréhension effective de ces mécanismes. Un nombre important d'équipes de neurosciences computationnelles déclarent participer à cette approche (mais pas toutes: l'étude du cerveau a d'autres buts) et cette démarche a un certain nombre d'originalités, en particulier car elle propose d'aborder la cognition:

- avec une approche systémique où l'environnement est dans la boucle (quitte à commencer avec des systèmes biologiques rudimentaires);
- avec des formalismes de calcul solides (théorie de l'information, systèmes dynamiques, statistiques) sous leurs aspects théoriques aussi bien qu'expérimentaux (mathématiques, physiques, calcul scientifique, informatique);
- en proposant des cadres d'étude stricts (systèmes véritablement autonomes, en situation d'auto-apprentissage, définis par des modèles falsifiables);
- dans des coopérations multidisciplinaires (des sciences de l'information aux sciences biologiques);
- en association avec les sciences du vivant à de multiples échelles d'espace et de temps et avec une gamme très large de plateformes expérimentales;

-en proposant de valoriser ces recherches par des réalisations logicielles et matérielles avec des retombées potentielles dans le monde de la santé et de l'éducation (mais aussi bien sûr des STIC et des SDV).

### **Sujets évoqués transversalement lors de l'atelier:**

#### **-l'importance et la difficulté de la pluridisciplinarité :**

**L'importance :** l'argument est simple : toutes les approches évoquées ici ne peuvent se développer qu'en synergie entre domaines des STIC et des SDV avec parfois besoin d'ouverture sur d'autres domaines.

**La difficulté :** appels à projets asservissant un domaine à un autre ; différence des critères d'évaluation entre les domaines ; importance de la durée (10 ans ?) pour construire une vraie collaboration entre STIC et SDV ; de telles difficultés impactent en particulier les jeunes chercheurs (une thèse avec expérimentation et modélisation est plus longue à mener ; évaluation biaisée des publications dans des domaines avec des critères différents) ; manque de formations réellement multidisciplinaires.

**Remèdes proposés (en vrac):** faire des appels à projets équilibrés où tous les domaines contribuent également ; imaginer des structures ou des modes de fonctionnement où des collaborations peuvent s'installer dans la durée ; encourager des Ecoles Doctorales multidisciplinaires ; créer des revues multidisciplinaires ou faire des « Special Issues » de grandes revues ; introduire des modules d'autres disciplines en Master (en particulier des enseignements « Comp » en Bio) ; Favoriser les « lieux » de formation, de recherche, de financement, d'échanges où ces domaines se rencontrent (ex : NeuroComp, Pgme NeuroInformatique du CNRS, appel à projets STIC-SDV, etc.)

-les discussions sur plusieurs thèmes mettent en avant le fait que « **travailler à la marge de la cognition** » peut aider à mieux comprendre la cognition dans un cadre moins complexe ou créer un environnement où des modèles cognitifs peuvent se développer plus facilement. C'est par exemple le cas de boucles sensorimotrices simples pouvant amorcer des comportements complexes ; de l'étude d'animaux jugés peu cognitifs (ex : unicellulaires, invertébrés) mais qui permettent d'aborder et de mieux comprendre (dans un cadre (relativement) simplifié) des phénomènes d'émergence ou d'interaction ; de toutes les approches « incrémentales » dont le but est de créer des « échafaudages » pour construire des niveaux plus cognitifs sur des bases plus réactives ; de sujets d'études multi-échelles conjoints avec des approches microscopiques (biologie cellulaire, moléculaire) ;

Les mots clés qui semblent émerger :

-**Autonomie** : on se pose des questions profondes et fondamentales sur la cognition en essayant de se donner les moyens de créer des systèmes physiques autonomes évolutifs capables de décision en interaction avec le monde

-**Multi-échelle** : besoin d'intégration, de passerelles entre les échelles de description ; ceci peut justifier l'intérêt du niveau neuronal qui offre aisément des ouvertures vers le moléculaire et le comportement ou vers la msec et l'année. Développer des démarches multi-échelles pertinentes pour l'étude de la cognition reste un enjeu important.

-**Réfléchir sur la démarche de modélisation** : liens mathématique-modélisation-expérimentation ; calcul distribué et embarqué ; couplage de formalismes ; rapport aux données et aux modèles ;

Thèmes abordés :

(se reporter également aux textes et aux supports d'exposés pour les détails)

\* Cinq défis scientifiques:

- les boucles sensorimotrices et les associations perception-action. Ruffier / Girard

En un mot, le but de cette approche : rendre la robotique réelle (voir des robots dans les rues) ; la méthode proposée : faire simple avant (ou en plus) de faire compliqué (comprendre des boucles sous-corticales simples, robustes, temps-réel avant de développer (ou venant en support de) des modèles cognitifs complexes. De plus, ces boucles simples peuvent servir de réflexes ou de mécanismes d'exploration élémentaire à ces modèles complexes.

Pour faire de la robotique réaliste sur des applications effectives, comment se donner les moyens technologiques ? Créer des plateformes mutualisées ? Convenir de standards et de matériels unifiés ?

Quelle est l'actualité de ces idées déjà anciennes ; comment convaincre les industriels et certains biologistes ? En insistant en particulier sur les nouvelles connaissances biologiques et sur des réalisations phares.

Problème de définition du domaine : « Robotique » n'est pas forcément le meilleur terme (déjà pris) pour évoquer le développement de systèmes autonomes cognitifs bio-inspirés : Neuro-robotique ?

Il faut développer en priorité cette approche qui peut fournir rapidement des systèmes efficaces et simples. De plus, comment développer des architectures "multi-boucles" à plusieurs niveaux si nous sommes encore en train de développer les fondements liés aux boucles locales primitives ?

La locomotion n'est qu'un exemple de familles de tâches (plus précoce phylogénétiquement) ; il faut aussi considérer les autres tâches, ex: manipulation, etc...

- les mécanismes de sélection de l'action et de la décision. 'Girard / Boraud'

Importance du phénomène cognitif considéré (la décision) et compréhension actuelle trop rudimentaire

Il faut sortir de la restriction « processus action/décision corticale » et inclure les structures sous corticales (ganglions de la base) dans l'analyse.

Porter nos efforts communs sur la compréhension des ganglions de la base, domaine en plein développement (données, modèles, ..) et bien couvert en France devrait être une priorité, au niveau des appels et des moyens.

On note que l'observation des structures profondes (IRM, électrophysio) ne pose pas de problèmes qualitativement différents du cortex.

Impact pour les pathologies (ex : parkinson), mais aussi perspective d'utiliser les connaissances et modèles action/décision pour les aspects BCI dès que les aspects moteurs de base seront maîtrisés en BCI

- la multimodalité et la fusion sensorielle. 'Gaussier / Droulez'

Une thématique classique et ancienne au niveau des cadres génériques, mais peut-être moins approfondie au niveau de la prise en compte des éléments concrets de chaque modalité.

Ou dans un cadre comportemental défini, qui est peut-être la perspective à mettre en avant.

Le lien entre fusion multimodale et boucles sensori-motrices est un point clé (il reste des problèmes ouverts : problème de codage, de trace des états passés)

Le problème systémique global (architecture, etc..) est devant nous.

- des études multi-échelles (choix du niveau de description; interfaces entre ces niveaux). Berry / Alexandre

Comment utiliser au mieux des développements scientifiques (expérimental et théorique) à différents niveaux de description ? travailler aux interfaces ; faire des modèles multi-échelles ?

Comment faire circuler la connaissance entre les niveaux ? Approches bottom-up et top-down. En particulier, on ne profite pas assez de l'énorme source d'information des niveaux les plus microscopiques

Les comportements de base comme la locomotion, l'approche/répulsion méritent d'être étudiés sur des êtres très basiques: unicellulaires, animaux avec des neurones identifiés (<10<sup>3</sup> neurones).

Développer des outils et des bases de connaissances standards en modélisation: au delà de ModelDB ou NeuroML

Ne pas oublier les différentes échelles temporelles qui accompagnent les échelles spatiales (mais sont orthogonales)

- l'apprentissage sous plusieurs aspects: développemental; continu. Alexandre / Salotti

Améliorer les modèles d'apprentissage neuronaux (affiner les aspects spatiaux et temporels); savoir faire coopérer des systèmes de mémoires de types différents ; les implanter sur des systèmes physiques réellement autonomes.

Peut-on lancer le défi du robot entièrement autonome qui ne serait en rien supervisé, juste en interaction avec l'environnement (= sans [re]intervenir dans le substrat) ? Même si ça reste irréaliste à court terme, ça reste une cible à viser.

Approche incrémentale avec focus sur l'apprentissage développemental ou choix, comme brique de connaissance, des organismes simples : ver de terre, paramécie ou macrophage (qui ont les mécanismes moléculaires similaires aux neurones)

Mieux apprendre: peut on mieux enseigner aux humains à partir de ce que nous comprenons en neurocomp ? Neurosciences + IntelligenceArtificielle vers les neurosocio.

La multi-disciplinarité inclut ici aussi d'autres professions, ex: didacticiens: un carrefour de disciplines au delà des neuros/compts/etc..

\* Quatre familles méthodologies:

- L'utilité des propriétés physiques des systèmes hardware et robotique dans le calcul neuronal. Saïghi / Gaussier

tester la cohérence d'un modèle dans des conditions réalistes d'utilisation (pb d'intégration + pb de dynamiques émergeant des interactions avec l'environnement).

prendre en compte "l'intelligence" du hardware (selon le hardware utilisé, on peut avoir gratuitement un certain nombre de propriétés: le problème à résoudre change)

Profiter des lois physiques qui gouvernent l'électronique pour obtenir une simulation profonde des systèmes biologiques, avec des interfaces in-silico/in-vitro/in-vivo.

Profiter des lois de la mécatronique (intelligence de la mécanique, des capteurs) pour faire des systèmes performants avec des systèmes de contrôle hybrides : le défi est de l'inclure dans du plus haut niveau: quelle formalisation ?

De nombreux aspects de la cognition reposent sur le couplage dynamique du corps et de l'environnement : importance de l'approche incarnée et de l'utilisation de robots.

Doter le robot de moyens de communication avec son environnement pour enrichir les interactions

- *expérimentations en électrophysiologie et comparaisons de modèles avec les données des neurosciences Maier / Boraud*

Comment (bien) extraire des connaissances à partir des données ?

Optimisation des paradigmes expérimentaux et couplant analyse des données et modélisation pendant l'expérimentation, économie du matériel animal, introduction d'un nouveau lien modèle données.

Notion de modèle qui peut être réfutable expérimentalement, démarche de re-mathématisation à chaque boucle (modèle de modèle), modèle qui donne le nombre critique de paramètres

Enjeu technologique important de savoir enregistrer en multi (beaucoup)-électrodes

Importance de la formation pluridisciplinaire (bio et comp.)

Liens avec le BCI

- *imagerie humaine et constructions de dispositifs interactifs cerveau/ordinateur Viéville / Maier*

Imagerie : vers le scanner neuronal multimodal (l'imagerie chez l'animal peut aider à progresser)

BCI : le faire pour de vrai (applications réalistes)

Transfert des techniques vers la clinique (au delà de Albani et Tübingen) avec la difficulté de sujets multi-lésés, d'environnements bruités et hostiles pour les signaux: gros enjeux technologiques et de coût de production

Forte poussée de l'industrie des jeux vers le BCI : un vecteur de développement. Quelle vraie plus value de l'interface BCI par rapport aux autres entrées/sorties pour l'informatique ?

Quel lien entre informations non invasives et mesures intra-craniennes ? Pour minimiser ensuite l'invasivité ?

L'analyse de l'imagerie optique est probablement une priorité.

- *formalisation dans des cadres rigoureux (ex: systèmes dynamiques, théorie de l'information) Droulez / Viéville*

On voit émerger des approches qui réconcilient les trois grandes classes de modèles géométriques / fonctionnels / probabilistes et cela est probablement la prochaine étape pour ce volet

Dans l'étude d'échelles spatiales, ne pas hésiter à aller voir « aux bords » : biologie moléculaire et comportement/neuropsychologie (cf multi-échelle)

La falsifiabilité reste un problème qui ne semble pas pris en compte sauf rare exception

L'innovation peut aussi venir de vrais mathématiciens qui vont ré-inspirer les modélisateurs: physique statistique, géométrie différentielle, etc..

Vive les modèles qui ne marchent pas: ils peuvent aider à remettre en cause les faits des biologistes; ne pas auto-censurer les modèles par [ce que nous croyons aujourd'hui des] modèles biologiques: de l'audace !



# Les interfaces cerveau-machine

*(Systèmes bouclés)*

*par O. Bertrand (atelier 16 – texte en attente)*

Par système bouclé, on entend une interface qui mesure et interprète l'activité cérébrale en temps réel pour générer une commande à destination d'une machine (ordinateur, prothèse, robot, stimulateur), laquelle exécutera cette commande à l'intention du sujet lui-même. De manière cruciale, toutes ces interfaces fournissent un retour au sujet ou patient. Ce retour est l'objectif premier de l'interface (e.g. entraînement par neurofeedback, neurostimulations asservies) ou un élément accompagnant la commande et essentiel pour permettre l'apprentissage (e.g. curseur à l'écran, mouvement d'un bras robotisé).

## **Atelier : 1 journée en septembre**

- 5 thèmes avec 2 interventions générales de 10min pour chaque thème (matinée)
- Discussion autour des 5 thèmes (après-midi)
- Synthèse (1h en fin d'après-midi) -> grandes lignes pour les résumés coordonnés par les différents modérateurs.

Objectif des débats et de chaque intervention : « Perspectives selon l'état des lieux du domaine »

## **Introduction (15min – OB et JM)**

Systèmes d'acquisition et de stimulations (30min) – volet un peu hardware avec éléments psychologiques

Mots clés : systèmes invasifs, systèmes non-invasifs.

Sont inclus les BCI, les approches par Neurofeedback et les stimulations ou Neuroprothèses asservies par l'activité cérébrale. Sont exclus les Neuroprothèses sensorielles ainsi que les stimulations non asservies (e.g. stimulations profondes dans la maladie de Parkinson, TMS thérapeutique...). Entre ici aussi les recherches sur la nature du retour sensoriel (réalité virtuelle, haptique, multisensoriel).

Intervenants potentiels et remplaçant :

**Yvert (Bordeaux volet neurophysio)/Guillemaud (CEA Grenoble nouveaux implants)**

**Burle/Lecuyer (non-invasif, retour sensoriel)**

Modérateurs : **JPLachaud** + David

Traitement du signal (30min)

Mots clés : techniques d'analyse en temps réel (nettoyage des signaux, extraction de caractéristiques, classification).

Intervenants potentiels :

**Congedo/Delorme (EG Lab Toulouse) (corrections, extraction de caractéristiques)**

**Martinerie (Lena)/Cabestaing (traitement de signal Lille ; a un site informatique classification)**

Modérateurs : Maurine **Clerc** (Open vibe 2)+ Souloumiac (CEA Saclay Open Vibe – neurospin) : gens qui font du traitement de signal

Neurosciences (30min)

Mots clés : activités neurophysiologiques et métaboliques liés aux processus moteurs, attentionnels et d'apprentissage. Trois points à aborder : les solutions BCI que permettraient les connaissances les plus récentes en neurosciences ; ce qui manque encore d'un point de vue fondamental ; en quoi les interfaces cerveau-machine pourraient peut-être favoriser certaines de ces avancées en neurosciences fondamentales.

Intervenants potentiels :

Marc Maier travaille sur une prothèse de main – appel d'offre MCM spécifique BCI/JPL (contrôle exécutif)

**Yves Rossetti** (apprentissage ; réhabilitation )

Modérateurs : **KJ** + Riehle

Modélisation (30min)

Mots clés : neurosciences computationnelles, aller plus loin dans la modélisation de l'activité cérébrale et du comportement (apprentissage, prise de décision).

Intervenants potentiels :

**Yves Frégnac**/Simon Thorpe (modèles dynamiques de l'activité cérébrale)

**Victor Jirsa**/Munos (modèles dynamiques du comportement)

Modérateurs : **JM**

Clinique (45min)

Mots clés : applications cliniques

Intervenants potentiels :

Benabid (Grenoble) (clinatec)

**Derambure (Lille)** /Jacques Luauté (moteur, rééducation post AVC, états végétatifs, coma)

**Phillipe Kahn** (épilepsie intracérébrale ; brain TV ; angle invasif)

Modérateurs : **Reilly** + OB

**Discussions/débats (3h)**

**Synthèse (1h)**

# Imageries cérébrales pour les sciences cognitives : bilans et enjeux

*par S. Takerkart (atelier 23 – texte en attente)*



# The Biology of Decision Making

*par T. Boraud (atelier 25)*

Université de Bordeaux, Bordeaux

June, 9 – 10, 2009

*Ce symposium a été sponsorisé par le Laboratoire franco-israélien de Neurosciences, l'IFR de Neurosciences de Bordeaux et PIRSTEC.*

## Participants

Thomas Boraud (CNRS, Bordeaux, co-organisateur), Serge Ahmed (CNRS, Bordeaux, co-organisateur), David Hansel (CNRS, Paris, co-organisateur), Etienne Danchin (CNRS, France), Alex Kacelnik (Oxford University, UK), Lars Chittka (University of London, UK), Sharoni Shafir (Hebrew University, Il), Jean-Paul Laumond (CNRS, France), Bernard Bioulac (Université Bordeaux 2), Emmanuel Procyk (CNRS, France) Matthias Pessiglione (INSERM, France), Giorgio Coricelli (CNRS, France), Paul Cisek (University of Montreal, Canada), Yonatan Loewenstein (Hebrew University, Israel), Sacha Gironde (ENS, France), Nathanael Daw (New York University, USA).

Environs 40 auditeurs.

## Introduction

Toutes les espèces animales ont développé des systèmes rapides et efficaces pour résoudre des choix dans des situations complexes et conflictuelles, voire qui engagent parfois la survie. Cependant, ces processus ont atteint un haut degré de complexité chez l'homme, probablement au prix d'une plus grande vulnérabilité aux dysfonctions telles qu'elles peuvent être observées dans différentes pathologies neuropsychiatriques. Ce symposium visait à aborder cette complexité sous les angles de l'écologie comportementale, de la physiologie, des neurosciences computationnelles et de la neuroéconomie.

La première session s'est concentrée sur les déterminants écologiques et évolutionnaire des processus de prise de décision, en s'attachant à identifier les similitudes et les différences entre genres et espèces. Ont notamment été abordés les sujets **suivants** : la notion d'héritabilité extragénétique des comportements (par des phénomènes d'épimutation, par exemple) ; les difficultés conceptuelles d'aborder la prise de décision en **soi** sans évoquer les processus d'apprentissage ; la nécessité d'un équilibre permanent entre la précision d'un comportement social (dans une tâche de butinages, par exemple) et le temps d'exécution de la tâche ; et les différences d'appréciation de l'appétence au risque en fonction du protocole expérimental (test descriptif vs test comportemental).

La seconde session était dévolue aux circuits neuronaux impliqués dans les processus de prise de décision. Il en est ressorti qu'en ce qui concernait les processus de décision multimodaux, on ne pouvait ignorer le rôle des boucles sous corticales (cortex-ganglions de la base dorsaux et ventraux-thalamus-cortex). La spécificité du cortex préfrontal semble par contre plus décisive lorsqu'on la prise de décision implique des interactions sociales et la prise en compte des stratégies d'un individu tiers.

La troisième session était consacrée à plusieurs résultats théoriques récents concernant la prise de décision et la représentation de la valeur dans le système nerveux central. On peut citer par exemple le fait que des modèles mathématiques proposés ces dernières années pour rendre compte de résultats d'expériences psychophysiques, le 'urgency -gating model' est le plus approprié pour expliquer le comportement observé dans des conditions non-stationnaires. La question de la formation des préférences ou biais dans la prise de décision a été également abordée dans cette session en montrant que les modèles neuronaux les plus simples prédisent l'existence de tels biais avant tout apprentissage ou conditionnement. Comment tester cette prédiction expérimentalement est une question ouverte.

Une conférence grand public a exposé les applications dans le champ de la robotique.

### Les Enjeux Majeurs et les verrous

Cette réunion a permis de dégager un certain nombre d'enjeux majeurs dans le domaine de la prise de décision :

- Compréhension des mécanismes de décision chez les vertébrés et les invertébrés : décision humaine dans les applications critiques.
- Difficulté à dissocier apprentissage et prise de décision en soi.
- Origine des préférences.
- Gestion des motivations multiples et conflictuelles.
- Rôle des structures sous corticales souvent ignorées par les défenseurs du "tout cortical".
- Prise en compte de la dimension cognitive (avec trouble de la prise de décision) des pathologies considérées comme motrices (Parkinson, Gille de la Tourette...)
- Idem pour les pathologies de types addictives (drogues, alimentation, jeu pathologique...).
- Modélisation des processus par des systèmes distribués, dont la propriété de prise de décision émerge des propriétés du système et n'est pas implémentée à priori.

### Impact à 5-10 ans

Un certain nombre d'impacts sociétaux peuvent être envisagés à court à moyen terme :

- Compréhension des mécanismes (objectif en soi !!!)
- Mise au point de méthodes de rééducations cognitives basées sur des données expérimentales et non plus empiriques.
- Technologie de la prise de décision (c.a.d. développement de logiciels d'aide à la décision)
- Incitation publique plus efficace (car informée) pour favoriser sans les contraindre les choix individuels (c.a.d. santé publique ; lutte contre l'endettement ; orientation professionnelle)
- Architectures de contrôle en robotique domestique

### Moyens d'y parvenir

Ce symposium a mis en évidence la nécessité de promouvoir l'interdisciplinarité entre économistes, éthologistes, neuroscientifiques et modélisateur. La possibilité de parler un langage commun serait fortement renforcée par des rencontres fréquentes. Pour faciliter cela nous pensons qu'il est nécessaire que des moyens soit mis à disposition pour :

- Organiser des rencontres
- Financer des programmes interdisciplinaires (ANR, Programmes du CNRS)
- Ouvrir des postes interdisciplinaires
- Favoriser l'émergence d'instituts interdisciplinaires
- Mettre en place des programmes de formation (License et Master) qui propose cette interdisciplinarité (ex: introduction à l'éthologie/les neurosciences computationnelles dans les filières de Math appli, d'économie, etc...)



# Robotique Cognitive en 2009

*par Benoît Girard (rapport du GDR Robotique)*

insérer ici le fichier PDF joint au courrier électronique



# Compte-rendu de la réunion

## GDR-vision / PIRSTEC

*par P. Mamassian*

Personnes présentes :

Laurent Blondé (Thomson R&D)

Jean-Louis Divoux (MXM)

Michèle Fabre-Thorpe (CNRS Toulouse)

Ken Knoblauch (INSERM Lyon)

Jean Lorenceau (CNRS Paris)

Pascal Mamassian (CNRS Paris)

Christian Marendaz (Univ Grenoble)

Guillaume Masson (CNRS Marseille)

Guillaume Thibault (EDF)

Françoise Viénot (Muséum Paris)

Date de la réunion : le 4 mars 2009 à l'INRIA Sophia-Antipolis

Rapport écrit par Pascal Mamassian et visé par les personnes présentes

Date : le 11 juin 2009

Les membres du conseil scientifique du GDR-vision et certaines personnes invitées se sont réunies en table ronde pour identifier les pôles d'expertises en recherche visuelle en France. La discussion a aussi porté sur les enjeux scientifiques à court et moyen terme de cette recherche en sciences visuelles. Le rapport se décline en quatre sections : (1) les thèmes de recherche des membres du GDR-vision, (2) les liens industrie et clinique, (3) la veille scientifique et les verrous technologiques, et (4) quelques propositions concrètes pour PIRSTEC.

## **1. Thèmes de recherche des membres du GDR-vision**

Le GDR-vision est un Groupement de Recherches, structure du Centre National de la Recherche Scientifique (CNRS GDR 3045) qui permet d'associer les différents acteurs français qui travaillent sur les sciences visuelles. Ses membres couvrent plusieurs champs disciplinaires de la recherche sur les sciences de la vision, en particulier les neurosciences, la psychologie expérimentale et la modélisation.

### 1.a. Images et vision naturelle

- synthèse et compression d'images, textures (restauration d'œuvres cinématographiques, réalité virtuelle, immersion)
- acquisition d'images « high dynamic range », d'objets et de scènes 3D (scanner laser (e.g. Riegl), statistiques de scènes naturelles), flux dynamique ; verrou sur le point d'être résolu : densité, résolution (mais avec problème de volume de données) ; applications : effets spéciaux
- analyse et catégorisation de scènes naturelles, d'images complexes (liens avec 3D, couleurs, ainsi que mouvements oculaires, pathologies) ; application : système de visualisation 3D, immersion (présence)
- dimensionnalité (espace utile : 2D) de la perception des couleurs, liens entre reproduction et perception des couleurs, liens avec les cercles de couleurs utilisés par les artistes
- phénomènes de transparence (luminance, couleur, mouvement, stéréo) ; ombres (élimination ou utilisation) ; stabilité des attributs d'apparence (élimination de l'illuminant)
- rendu des scènes, apparence, aspect naturel des images, aspect naturel de la lumière (éveil, émotion), restitution du réalisme, esthétisme
- cartes de saillance images (modèle d'attention involontaire [LB]), informations de haut-niveau pour mieux comprendre la scène (approches signal, système visuel), expertise de l'observateur, applications en compression et robotique
- analyse de flux d'images, de vidéo

- interaction des différents attributs visuels, problème du liage
- influence de la stimulation périphérique sur la perception centrale

### 1.b. Espace et forme

- indices 3D : stéréo (disparités horizontales, verticales), mouvement (parallaxe, effet cinétique de profondeur)
- indices picturaux : ombres, ombrages, texture, brillance, occlusion
- modèles d'interaction d'indices 3D, fusion de capteurs, immersion réalité virtuelle, vision augmentée
- transparence (ordre de profondeur de surfaces)
- représentation d'une carte cognitive 3D préalable à la navigation (application GPS navigation) ; application aux jeux vidéo
- différenciation entre espace 3D et forme 3D
- reconnaissance d'objets, de scènes 3D (de la catégorisation à l'identification de l'exemplaire unique) ; besoin pour la structuration de bases de données
- interaction entre perception forme et perception mouvement
- angles de vue, contraintes physiques & biomécaniques
- mouvements biologiques
- représentation de la forme, des objets (quid de Biederman's RBC ?)
- perception de la forme d'un phénomène physique (perception pour la visualisation scientifique [GT]) ; visualisation de champs probabilistes
- évaluation de l'expérience de visualisation 3D (qualité, confort, fatigue, variabilité inter-individuelle)
- interactions entre perception de l'espace et du temps

### 1.c. Décision perceptive

- théorie de la détection de signal pour les tâches de détection, discrimination, de catégorisation, échelonnement (scaling)
- images de classification ; analyses statistiques (par exemple : modèles linéaires généralisés) ; applications de techniques de « machine learning »
- modèles de prises de décision (e.g. « diffusion to bound »), dimension temporelle (temps de réaction, ...)

- observateurs idéaux, modèles d'incertitudes (Bayesiens), fusion d'indices (maximum de vraisemblance)
- connaissances à priori ; expertise
- utilisation des changements de taille des pupilles pour comprendre différentes prises de décision perceptives
- traitement implicite vs. explicite ; décision sous incertitude ; fonctions d'utilité (récompense, coût)
- aspects multi-tâches (« task switching »)
- phénomènes attentionnels ; amorçage, perception subliminale
- imagerie mentale
- phénomènes mnésiques, émotionnels (troubles de l'humeur)

### 1.d. Interactions

- mouvements oculaires (poursuite lente, saccades, vergence, mouvements miniatures)
- exploration (oculaire) de scènes ; saillance des images ; importance des consignes
- contrôle volontaires d'actions (saccades, main) vs. mouvements reflexes
- utilisation des mouvements oculaires pour l'étude des décisions perceptives
- exploitation des mouvements oculaires pour le contrôle
- rééducation fonctionnelle des mouvements oculaires pour faire face à des déficiences visuelles de bas-niveau
- vision active : comment le mouvement des yeux structure l'information afférente, sélection de l'information pertinente
- changements de référentiels
- perception et action (goal-directed actions, préhension, locomotion)
- perception multi-modale (vision-audition-touché-proprioception)
- substitution sensorielle, suppléance, neuro-prothèse, neuro-feedback
- évaluation (et effets) de la fatigue par quantité de clignotements
- réalité virtuelle et augmentée, robotique

## 2. Liens industrie et clinique

La communauté du GDR-vision s'appuie sur des liens forts entre recherche fondamentale, industrielle et clinique. Cette section rassemble quelques exemples de succès de transferts entre recherche fondamentale et appliquée.

### 2.a. Formats possibles

- suivi de thèses (bourses CIFRE)
- junior entreprise
- recherche de stagiaires (hébergements web des projets)
- interaction avec post-doctorants (besoin de clarification du profil « CDD chercheur ») ; entreprise finance un laboratoire qui ensuite paye un post-doc
- détachement, invitation d'un chercheur dans une entreprise (plusieurs mois)
- détachement d'un chercheur d'entreprise dans un laboratoire
- postes de professeurs invités
- contrats d'experts [LB], consulting, compensation à la journée
- contrats d'expertise sur une tâche précise (sous-traitance)
- organisation de workshops intra-GDR

### 2.b. Entreprises et milieux hospitaliers

- EDF ([rd.edf.com](http://rd.edf.com))
  - Guillaume Thibault
  - Stéphane Ploix
  - Christian Boucheny
- Thomson R&D (<http://www.thomson.net>)
  - Laurent Blondé
  - Philippe Guillotel
  - Olivier Le Meur
  - Didier Doyen
- MXM ([www.mxm.eu](http://www.mxm.eu))
  - Guy Charvin

- Jean-Louis Divoux
  
- France Télécom
  - Jérôme Fournier
  
- Let-it-wave ([www.letitwave.fr](http://www.letitwave.fr))
  - Stéphane Mallat
  
- SpikeNet Technology ([www.spikenet-technology.com](http://www.spikenet-technology.com))
  - Simon Thorpe
  
- Renault
  
- Essilor ([www.essilor.com](http://www.essilor.com))
  - Muriel Semeneri
  
- Institut de la Vision
  
- TRIMBLE (scanner laser, [www.trimble.com](http://www.trimble.com))
  - Thomas Chaperon

## 2.c. Exemples d'applications

### *2.c.1. Ingénierie*

- compression d'images et de vidéos (par exemple ondelettes)
- reconnaissance automatique de scènes, de situations, de visages, de phénomènes physiques
- fouille d'images, indexation de bases de données d'images et de vidéos
- aides optiques, simulation (réalité augmentée)
- suppléance visuelle, rétines artificielles, prothèses (locked-in syndromes)
- informatique bio-inspirée pour traiter la couleur dans les systèmes artificiels [David Alleyson]
- robotique (aide à la navigation)
- effets spéciaux (outil puis service)
- traitement basée sur la qualité perçue
- système de visualisation 3D, immersion (présence)
- interface homme-machine basée sur l'oculomotricité (ou l'activité cérébrale)

### *2.c.2. Services*

- normes d'éclairages (CIE), diodes
- prismes pour rééducation hémi-négligence [Yves Rossetti]
- compréhension de la variabilité inter-individuelle et fatigue visuelle (service suivi d'un produit)

### *2.c.3. Pathologie*

- évaluation, diagnostique
- remédiation
- vieillissement (exemple de « segment »)

### **3. Veille scientifique, verrous technologiques**

Le GDR-vision a identifié certains thèmes forts, en plein essor, ou des problèmes clés sur le point d'être résolus.

Ces différents projets se déclinent suivant les méthodologies suivantes : électrophysiologie unitaire et population, perturbation (cooling, lésion), imagerie (optique, EEG, MEG, IRMf), psychophysique (psychologie expérimentale, cognitive, neuropsychologie, psychiatrie), modélisation (neurale, probabiliste), neuro-modulation (TMS, stimulations, prothèses).

- dispositifs médicaux : stimulation cérébrale ; implants rétiniens ; stimulation cortex
- bases neurales de la conscience perceptive, « mind reading »
- le système visuel comme modèle pour mieux comprendre le fonctionnement du cerveau
- représentation neurale de certains attributs (en particulier 3D, couleur)
- étude de la fatigue et de la variabilité inter-observateurs ; mesure objective de la qualité perçue d'une image, d'un film
- connaissances à priori, contexte, mémoire pour la compréhension d'une image, état émotionnel

## 4. Propositions concrètes pour PIRSTEC

Le GDR-vision propose les thèmes suivants qu'il considère comme prioritaires pour un futur appel d'offre de l'ANR. A cette fin, le réseau PIRSTEC (Prospective interdisciplinaire en réseau pour les sciences et technologies cognitives) a été créé pour identifier certains de ces thèmes importants pour les sciences cognitives.

### 3.a. Images et vision naturelle

#### *4.a.1. Traitement d'images*

- identification, caractérisation d'images : flux, synthèse, compression, stockage

#### *4.a.2. Perception*

- analyse et catégorisation de scènes naturelles, saillance

#### *4.a.3. Restitution*

- qualité, apparence, réalisme, rendu, exploitation

#### *4.b.1. Traitement d'images*

- indices 3D, transparence, interaction, représentation formes 3D

#### *4.b.2. Perception*

- analyse et catégorisation de scènes 3D et d'objets, de localisation et navigation

#### *4.b.3. Restitution*

- qualité, apparence, réalisme, rendu, fatigue liée aux conflits d'indices

#### *4.c.1. Objectif*

- tâche, task switching, implicite vs. explicite

#### *4.c.2. Observateurs*

- attention, connaissance à priori, expertise, état émotionnel, acuité

#### *4.c.3. Performance*

- observateurs idéaux, modèles Bayésiens, images de classification

*4.d.1. Exploration*

- mouvements oculaires, vision active

*4.d.2. Perception et action*

- préhension, navigation, réalité augmentée

*4.d.3. Multi-sensorialité*

- intégration multi-modale, substitution, suppléance

# La mémoire : fonctionnement et dysfonctionnements

*Contribution de S. Laroche et Bruno Poucet*

Comprendre le fonctionnement du cerveau, décrypter les bases neurales de la plasticité cérébrale, des adaptations comportementales et des fonctions cognitives comme la perception, l'apprentissage et la mémoire, l'attention, les émotions, ou la prise de décision ; identifier les mécanismes responsables des pathologies connexes et soigner les maladies du cerveau sont des enjeux majeurs de la science du 21<sup>ème</sup> siècle, du triple point de vue de la connaissance, de la technologie et de la santé publique.

Ce domaine a connu ces dix dernières années un essor considérable au niveau international accompagné d'un renouveau important sur les plans conceptuel et méthodologique. À l'évidence, les succès anticipés depuis quelques années dans le domaine des neurosciences de la mémoire émergent nettement aujourd'hui grâce notamment aux formidables développements des connaissances dans le domaine de la post-génomique fonctionnelle et de la biologie cellulaire et moléculaire du neurone d'une part, de la neurophysiologie des ensembles neuronaux et de la neuroimagerie cognitive de l'autre. Cette véritable révolution a été rendue possible par le décloisonnement des problématiques et par la formation de nouvelles sphères d'interactions entre disciplines où l'on assiste à un important travail d'unification de nature technologique et conceptuelle. C'est aussi dans le cadre de ces nouvelles connaissances que sont profilées aujourd'hui nombre de recherches fondamentales et appliquées chez l'Homme, qu'elles touchent à la pharmacologie de la mémoire ou aux dysfonctionnements mnésiques qui surviennent lors du vieillissement ou de maladies neurodégénératives, neurologiques ou psychiatriques (Alzheimer, Parkinson, Huntington, retard mentaux d'origine génétique, autisme, schizophrénie, dépression, troubles bipolaires, épilepsie, accidents vasculaires cérébraux, troubles du développement, comportements addictifs, etc.).

Ces nouvelles synergies, qui ont permis le plein essor des démarches fondées sur l'intégration des niveaux d'analyse du neurone à la fonction, permettent de caractériser l'évolution récente en neurosciences de la mémoire par trois aspects marquants et interdépendants :

Un renouveau conceptuel de la notion de pluralité des processus de mémoire et de catégorisation des systèmes de mémoire qui conduit à une réévaluation des rôles spécifiques de différentes structures et circuits cérébraux. Un effort important de recherche est mené sur les supports neurobiologiques de mémoires explicites et implicites, où les nouvelles connaissances voient une harmonisation des théories issues des recherches chez l'homme, les primates et les rongeurs. On peut citer en particulier une redéfinition du rôle des aires hippocampiques et des cortex adjacents dans les mémoires épisodiques, ou de l'amygdale dans la mémoire émotionnelle ; le développement des études du rôle des ganglions de la base et de leurs relations corticales dans des mémoires procédurales ; l'analyse du codage et du décodage des représentations sensorielles et motrices dans les structures corticales. Cet intérêt se manifeste notamment dans les études comportementales qui conduisent à la conception de

nouveaux tests d'exploration fonctionnelle chez l'animal permettant, par exemple, l'étude des mécanismes de représentation spatiale, d'attention sélective, de gestion des informations contextuelles, de décision, de rappel et d'oubli, ou encore d'automatisation et de procéduralisation en mémoire. L'accent est mis sur une approche analytique et intégrative qui met aussi en valeur non seulement les interrelations entre systèmes de mémoire mais surtout la dynamique des fonctions mnésiques. Des exemples frappants de cet aspect de la dynamique des traces mnésiques sont la reformulation récente des concepts de consolidation et de reconsolidation post-rappel et la redéfinition des circuits neuronaux impliqués dans des mémoires récentes ou anciennes, aussi bien au niveau systémique que cellulaire. D'autres aspects clé concernent les interactions entre les grands systèmes neuromodulateurs (dopamine, sérotonine, acétylcholine etc..) et les réseaux de traitement de l'information, ainsi que les relations entre motivation et mémoire, émotion et mémoire, ou l'ontogenèse des processus mnésiques en relation avec la construction du cerveau.

Le deuxième grand domaine d'étude de la mémoire où des avancées importantes ont été réalisées concerne la recherche du code neural des souvenirs. Des avancées significatives ont été rendues possibles notamment grâce aux progrès récents dans les méthodes d'enregistrement d'ensembles neuronaux chez l'animal éveillé en situation d'apprentissage (50-150 neurones enregistrés simultanément). Les recherches actuelles remettent en cause les grands schémas localisationnistes de la mémoire et mettent en lumière non seulement la sélectivité des activations neuronales pour certaines catégories d'informations (par exemple, les cellules de lieu et de direction dans l'hippocampe) mais aussi la coopérativité des différents réseaux neuronaux mis en jeu depuis les étages sensoriels jusqu'aux régions les plus intégratives ; coopérations dynamiques étudiée par l'analyse de couplages temporels d'activité neuronale, de synchronisations, d'oscillations et de propagation d'activité dans des réseaux distribués. Les succès de cette approche reposent sur des enregistrements multi-sites *in vivo* et des collaborations interdisciplinaires permettant une analyse du signal performante. Elle devrait permettre de détecter la formation temporaire d'assemblées de neurones à des moments précis d'une tâche comportementale et aboutir à la formalisation de modèles dynamiques reposant sur les propriétés d'état des réseaux activés au cours de différentes phases du traitement de l'information mnésique. Ce domaine passe aussi par des interactions fortes avec les approches computationnelles impliquant modélisation mathématique et statistique.

Le troisième domaine qui a connu des avancées spectaculaires concerne les mécanismes cellulaires et moléculaires de la mémoire et des dysfonctionnements de la mémoire. D'un côté, les approches neurophysiologiques et de nouvelles méthodes d'imagerie cellulaire ont permis des percées spectaculaires dans l'analyse des mécanismes de communication intercellulaire et de plasticité neuronale impliqués dans la formation et la conservation de traces mnésiques. Dans le cadre de la post-génomique fonctionnelle, la connaissance de plus en plus approfondie des génomes a ouvert de nouveaux défis en neurosciences de la mémoire qui vont de l'identification de la fonction des gènes et protéines neuronales au développement d'outils de diagnostic et de médicaments. Ces approches ont permis l'identification de certaines voies de signalisation neuronales qui servent les processus de plasticité et de mémoire, depuis l'activation des récepteurs et canaux ioniques, messagers intracellulaires et intercellulaires et cascades d'activation de protéines, jusqu'à la régulation de gènes et de protéines neuronales et le remodelage des réseaux neuronaux ; mécanismes dont nous commençons seulement à entrevoir l'organisation et le fonctionnement normal. Par exemple, l'étude de modèles murins obtenus par la mise en œuvre des techniques de transgénèse, de mutagenèse, ou d'outils d'analyse génomique et protéomique à grande échelle et

d'intervention sur des cibles moléculaires (RNAi, vectorologie, imagerie génique *in vivo*, etc.), est devenue incontournable pour la compréhension des mécanismes moléculaires et génétiques complexes qui contrôlent la genèse, le fonctionnement et les adaptations des réseaux neuronaux par l'expérience. Ces dernières années ont aussi été marquées par la reconnaissance de l'importance des régulations par l'expérience des programmes d'expression géniques des neurones et la mise en lumière de l'importance et de la complexité des régulations épigénétiques, des thèmes en émergence qui seront déterminants pour la compréhension du fonctionnement et des dysfonctionnements du cerveau dans de nombreuses pathologies. Grâce à ces modèles et à de nouvelles interactions entre neurosciences intégratives, génétique moléculaire et génomique fonctionnelle, un effort particulièrement intense a également été réalisé dans le domaine des bases neurales et moléculaires des dysfonctionnements de la mémoire en relation avec le vieillissement cognitif ou certaines atteintes neurologiques ou psychiatriques caractérisées par des perturbations des fonctions mnésiques.

Enfin, des découvertes récentes spectaculaires comme la dynamique morphologique neuronale et la génération de nouveaux neurones chez l'adulte dans certaines structures centrales des invertébrés et des vertébrés, y compris chez l'Homme, ouvrent des horizons insoupçonnés sur les capacités de plasticité du cerveau en relation avec le fonctionnement et les dysfonctionnements du cerveau. Là encore, de nouveaux outils moléculaires ouvrent la voie d'une analyse du rôle des cellules souches neurales et de la neurogenèse adulte dans les processus mnésiques. Sont particulièrement étudiées les capacités régénératives des cellules souches neurales, les possibilités de leur (re)programmation, le contrôle de leur prolifération, les modalités de leur différenciation et de leur survie et de leur intégration fonctionnelle dans les réseaux neuronaux dans des situations physiologiques et pathologiques. L'accroissement des connaissances dans ces domaines et le développement de modèles animaux pertinents pour les analyses fonctionnelles et les tests de stratégies thérapeutiques seront d'une importance considérable sur le plan fondamental comme biomédical. Les connaissances sur l'implication des neurones néoformés chez l'adulte dans des fonctions cognitives et affectives, sur les altérations des mécanismes de prolifération ou de survie neuronale dans différentes neuropathologies et les premières tentatives de thérapie cellulaire ou de redirection des précurseurs neuronaux vers des zones non neurogéniques lésées sont des enjeux majeurs de la recherche actuelle. Elles ouvrent de nouveaux défis pour la réparation du système nerveux lésé ; un des grands espoirs des thérapies du futur.

Malgré ces avancées importantes, il est clair que la compréhension complète des mécanismes de la mémoire et de ses dysfonctionnements reste un objectif lointain. Une des difficultés majeures de la recherche dans ce domaine tient à la complexité du système nerveux où se superposent de nombreux niveaux interdépendants, depuis les édifices macromoléculaires formant les constituants élémentaires des cellules nerveuses, aux réseaux de signalisation intra et intercellulaires, aux connexions cellulaires et circuits locaux, et à la connectivité à grande échelle dans l'organisation anatomique globale du cerveau. Dans toutes ces orientations de la recherche, le défi majeur qui est posé aujourd'hui est de comprendre les interactions entre différents niveaux d'analyse et d'organisation, depuis les niveaux moléculaires et cellulaires, et celui des micro- et macro-réseaux neuronaux et de leur plasticité, jusqu'à l'expression des fonctions cognitives et des adaptations comportementales. Une intégration forte des approches « bottom-up » et « top-down » intégrant différents niveaux d'analyse et affranchi des cloisonnements disciplinaires et méthodologiques semble seule à même de permettre d'avancer dans la compréhension des règles qui lient la machinerie moléculaire à la physiologie du cerveau et aux processus cognitifs. Dans cette démarche, le va-et-vient entre

normal et pathologique constitue un élément clé permettant à la fois d'éclairer la compréhension du fonctionnement du cerveau en relation avec les processus mentaux, d'identifier les mécanismes responsables de dérégulations des comportements, de handicaps ou de maladies neurodégénératives, neurologiques ou psychiatriques, et enfin de rechercher des stratégies thérapeutiques innovantes (génétiques, pharmacologiques, comportementales), un enjeu sociétal majeur. Une politique incitative de rapprochement entre les différentes approches des neurosciences de la mémoire et le développement d'interfaces nouvelles est nécessaire pour réussir une véritable approche intégrative des mécanismes et des pathologies de la mémoire. C'est à ce prix que les propriétés fonctionnelles du système nerveux pourront être réellement expliquées et que des interventions thérapeutiques rationnelles et innovantes pourront être développées. Les enjeux dans ce domaine sont immenses puisqu'il s'agit non seulement de mieux comprendre le fonctionnement du cerveau en relation avec les processus mentaux, mais aussi de répondre au coût économique et social que représente aujourd'hui le bien être tout au long de la vie, la prévalence des maladies mentales, l'incidence accrue des démences comme la maladie d'Alzheimer ou encore les comportements addictifs.

Ces dernières années, des incitations et des soutiens du ministère, des universités et des organismes de recherche dans le domaine des mécanismes de la mémoire ont permis la constitution progressive d'une large communauté scientifique structurée en France qui tient bien sa place dans une compétition internationale de plus en plus vive. Ces efforts, mêmes modestes comparés aux moyens gigantesques qui sont mobilisés aux Etats-Unis au Royaume-Uni, en Allemagne, au Japon ou en Chine, s'amenuisent et il est à craindre que notre pays perde la dynamique qui a été engagée. Il est donc urgent que des initiatives soient prises pour poursuivre les efforts auparavant engagés dans ce domaine vital de la recherche. Le tissu de recherche français est particulièrement favorable pour la mobilisation des forces dans ce domaine dont les enjeux sont considérables aussi bien pour la recherche fondamentale que pour la recherche appliquée ou le secteur industriel. La société attend des neurosciences dans ce domaine des retombées majeures dans les champs de la connaissance, de l'éducation et de la santé.

## **II. Fonctions communicatives et fonctions exécutives**



# **Perception spatiale, cognition motrice et adaptation sociale des organismes naturels et artificiels**

*par Y. Coello (atelier 13 – texte en attente)*



# COGNITION MOTRICE, REALITE VIRTUELLE ET LEURS APPLICATIONS BIOMEDICALES

*par Thierry Pozzo (atelier 14)*

**U887 INSERM/IFRH**

**Compte rendu de l'Atelier PIRSTEC**

Dates : 11 et 12 mai 2009 à Chalon sur Saône

L'existence de voies nerveuses différenciées pour traiter les signaux sensoriels et moteurs, conduit habituellement les études neurophysiologiques et comportementales à dissocier les processus de l'action et de la perception. Ce type de description a sans aucun doute influencé notre compréhension du système nerveux central. Pourtant il est désormais admis qu'en plus de la commande motrice, la production de l'action engage simultanément des mécanismes de prédiction sensorielle ainsi que l'activation de zones nerveuses sensorielles (Rizzolatti 2005). Enfin, des avancées récentes en neurosciences montrent que la perception visuelle n'est pas seulement le résultat d'une stimulation exogène mais qu'elle dépend des compétences motrices pouvant être rappelées à l'observation du mouvement (Jeannerod 2001). L'atelier a permis de mettre en évidence plusieurs domaines de recherche construits autour de 2 axes principaux et complémentaires :

**La perception** qui est étudiée à partir des acquis de la psychologie cognitive et de la neurophysiologie montrant le couplage entre action et perception (Viviani et Stucchi 1992, Rizzolatti 1996) et l'hypothèse d'une simulation mentale de l'action à l'observation. L'inférence du mouvement, les réponses motrices subliminales induites lors de **l'imagerie motrice implicite** et **l'apprentissage par observation** sont désormais des domaines étudiés. Dans ce contexte la compréhension des mécanismes perceptifs aide en retour à décrire le contenu de la commande motrice.

**L'action**, principalement étudiée selon une approche expérimentale, est désormais formalisée à partir de **modèles mathématiques et des méthodes de simulation numérique**. Ceci est une évolution importante (traduire des observations empiriques sous formes abstraites), qui favorise le transfert des connaissances vers la robotique et le développement de technologies biomédicales pouvant compenser **le handicap moteur et sensoriel**.

Dans ce contexte, le développement de projets consistant à développer les méthodologies permettant de quantifier les manifestations comportementales issues **d'interactions entre 2 individus** ou entre un individu et un avatar, ou encore une interface virtuelle ou mécanique. Il s'agit de mieux définir les contextes sensoriels

favorisant la **cognition sociale**, l'empathie, la téléopération ...) et d'étudier les limites de ces processus. Par exemple la manipulation du contexte visuel (plus ou moins riche d'une scène visuelle), pourraient réduire progressivement l'écart entre l'observateur et l'acteur lors de tâches effectuées dans l'espace péri ou extra personnel (en navigation spatiale par ex.). Ces améliorations, en favorisant la résonance motrice, faciliteront la mise au point de solutions thérapeutiques pour le ré-entraînement de patients hypoactifs ou atteints de lésions centrales ou périphériques. L'étude de l'effet du délai (inhérent aux dispositifs actuels de RV) entre perception et action est un exemple de verrou théorique et méthodologique important à lever pour optimiser les dispositifs disponibles.

En outre, la **qualité des interactions sociales** ou encore la survie des espèces en situation de compétition nécessitent la préservation de l'information visuelle lorsque celle-ci est discontinue. Les mécanismes d'inférence visuelle et d'extrapolation de trajectoire rentrent également dans ce cadre théorique avec l'apport complémentaire des neurosciences computationnelles pour modéliser les mécanismes impliqués.

Par ailleurs l'idée d'un rappel de représentations motrices sans lien (**les primitives motrices** préalablement identifiés par les méthodes de la physiologie) avec l'expérience motrice de l'observateur (comme c'est le cas pour de nouvelles habiletés sensorimotrices) ouvrent de nouvelles perspectives aux méthodes d'apprentissage chez l'homme (rééducation, expertise sportive, musicale etc.) ainsi qu'en **robotique humanoïde**. Les apprentissages basés sur des algorithmes de renforcement (couramment utilisé en «*machine learning*») doivent être envisagés afin de dériver des fonctions d'optimisation à partir des mouvements observés.

Enfin, le développement **d'interfaces graphiques simples** à côté des dispositifs plus lourds de la **réalité virtuelle** est indispensable pour un usage interactif en rééducation à l'hôpital, en milieu éducatif, sportif ou à domicile. **La réalité virtuelle simplifiée** peut être utilisée afin de fournir le contexte visuel permettant la meilleure immersion. Les applications devront contribuer à prévenir la dépendance et réduire les coûts de santé en développant l'entraînement autonome.



# Compte-rendu de la réunion

## GDR-vision / PIRSTEC

*par P. Mamassian*

Personnes présentes :

Laurent Blondé (Thomson R&D)  
Jean-Louis Divoux (MXM)  
Michèle Fabre-Thorpe (CNRS Toulouse)  
Ken Knoblauch (INSERM Lyon)  
Jean Lorenceau (CNRS Paris)  
Pascal Mamassian (CNRS Paris)  
Christian Marendaz (Univ Grenoble)  
Guillaume Masson (CNRS Marseille)  
Guillaume Thibault (EDF)  
Françoise Viénot (Muséum Paris)

Date de la réunion : le 4 mars 2009 à l'INRIA Sophia-Antipolis

Rapport écrit par Pascal Mamassian et visé par les personnes présentes

Date : le 11 juin 2009

Les membres du conseil scientifique du GDR-vision et certaines personnes invitées se sont réunies en table ronde pour identifier les pôles d'expertises en recherche visuelle en France. La discussion a aussi porté sur les enjeux scientifiques à court et moyen terme de cette recherche en sciences visuelles. Le rapport se décline en quatre sections : (1) les thèmes de recherche des membres du GDR-vision, (2) les liens industrie et clinique, (3) la veille scientifique et les verrous technologiques, et (4) quelques propositions concrètes pour PIRSTEC.

## 1. Thèmes de recherche des membres du GDR-vision

Le GDR-vision est un Groupement de Recherches, structure du Centre National de la Recherche Scientifique (CNRS GDR 3045) qui permet d'associer les différents acteurs français qui travaillent sur les sciences visuelles. Ses membres couvrent plusieurs champs disciplinaires de la recherche sur les sciences de la vision, en particulier les neurosciences, la psychologie expérimentale et la modélisation.

### 1.a. Images et vision naturelle

- synthèse et compression d'images, textures (restauration d'œuvres cinématographiques, réalité virtuelle, immersion)
- acquisition d'images « high dynamic range », d'objets et de scènes 3D (scanner laser (e.g. Riegl), statistiques de scènes naturelles), flux dynamique ; verrou sur le point d'être résolu : densité, résolution (mais avec problème de volume de données) ; applications : effets spéciaux
- analyse et catégorisation de scènes naturelles, d'images complexes (liens avec 3D, couleurs, ainsi que mouvements oculaires, pathologies) ; application : système de visualisation 3D, immersion (présence)
- dimensionnalité (espace utile : 2D) de la perception des couleurs, liens entre reproduction et perception des couleurs, liens avec les cercles de couleurs utilisés par les artistes
- phénomènes de transparence (luminance, couleur, mouvement, stéréo) ; ombres (élimination ou utilisation) ; stabilité des attributs d'apparence (élimination de l'illuminant)
- rendu des scènes, apparence, aspect naturel des images, aspect naturel de la lumière (éveil, émotion), restitution du réalisme, esthétisme
- cartes de saillance images (modèle d'attention involontaire [LB]), informations de haut-niveau pour mieux comprendre la scène (approches signal, système visuel), expertise de l'observateur, applications en compression et robotique
- analyse de flux d'images, de vidéo
- interaction des différents attributs visuels, problème du liage
- influence de la stimulation périphérique sur la perception centrale

### 1.b. Espace et forme

- indices 3D : stéréo (disparités horizontales, verticales), mouvement (parallaxe, effet cinétique de profondeur)
- indices picturaux : ombres, ombrages, texture, brillance, occlusion
- modèles d'interaction d'indices 3D, fusion de capteurs, immersion réalité virtuelle, vision augmentée
- transparence (ordre de profondeur de surfaces)
- représentation d'une carte cognitive 3D préalable à la navigation (application GPS navigation) ; application aux jeux vidéo
- différenciation entre espace 3D et forme 3D
- reconnaissance d'objets, de scènes 3D (de la catégorisation à l'identification de l'exemplaire unique) ; besoin pour la structuration de bases de données
- interaction entre perception forme et perception mouvement
- angles de vue, contraintes physiques & biomécaniques
- mouvements biologiques
- représentation de la forme, des objets (quid de Biederman's RBC ?)
- perception de la forme d'un phénomène physique (perception pour la visualisation scientifique [GT]) ; visualisation de champs probabilistes
- évaluation de l'expérience de visualisation 3D (qualité, confort, fatigue, variabilité inter-individuelle)
- interactions entre perception de l'espace et du temps

### 1.c. Décision perceptive

- théorie de la détection de signal pour les tâches de détection, discrimination, de catégorisation, échelonnement (scaling)
- images de classification ; analyses statistiques (par exemple : modèles linéaires généralisés) ; applications de techniques de « machine learning »
- modèles de prises de décision (e.g. « diffusion to bound »), dimension temporelle (temps de réaction, ...)
- observateurs idéaux, modèles d'incertitudes (Bayesiens), fusion d'indices (maximum de vraisemblance)
- connaissances à priori ; expertise
- utilisation des changements de taille des pupilles pour comprendre différentes prises de décision perceptives

- traitement implicite vs. explicite ; décision sous incertitude ; fonctions d'utilité (récompense, coût)
- aspects multi-tâches (« task switching »)
- phénomènes attentionnels ; amorçage, perception subliminale
- imagerie mentale
- phénomènes mnésiques, émotionnels (troubles de l'humeur)

### 1.d. Interactions

- mouvements oculaires (poursuite lente, saccades, vergence, mouvements miniatures)
- exploration (oculaire) de scènes ; saillance des images ; importance des consignes
- contrôle volontaires d'actions (saccades, main) vs. mouvements reflexes
- utilisation des mouvements oculaires pour l'étude des décisions perceptives
- exploitation des mouvements oculaires pour le contrôle
- rééducation fonctionnelle des mouvements oculaires pour faire face à des déficiences visuelles de bas-niveau
- vision active : comment le mouvement des yeux structure l'information afférente, sélection de l'information pertinente
- changements de référentiels
- perception et action (goal-directed actions, préhension, locomotion)
- perception multi-modale (vision-audition-touché-proprioception)
- substitution sensorielle, suppléance, neuro-prothèse, neuro-feedback
- évaluation (et effets) de la fatigue par quantité de clignotements
- réalité virtuelle et augmentée, robotique

## **2. Liens industrie et clinique**

La communauté du GDR-vision s'appuie sur des liens forts entre recherche fondamentale, industrielle et clinique. Cette section rassemble quelques exemples de succès de transferts entre recherche fondamentale et appliquée.

### 2.a. Formats possibles

- suivi de thèses (bourses CIFRE)
- junior entreprise

- recherche de stagiaires (hébergement web des projets)
- interaction avec post-doctorants (besoin de clarification du profil « CDD chercheur ») ;  
entreprise finance un laboratoire qui ensuite paye un post-doc
- détachement, invitation d'un chercheur dans une entreprise (plusieurs mois)
- détachement d'un chercheur d'entreprise dans un laboratoire
- postes de professeurs invités
- contrats d'experts [LB], consulting, compensation à la journée
- contrats d'expertise sur une tâche précise (sous-traitance)
- organisation de workshops intra-GDR

## 2.b. Entreprises et milieux hospitaliers

- EDF ([rd.edf.com](http://rd.edf.com))
  - Guillaume Thibault
  - Stéphane Ploix
  - Christian Boucheny
  
- Thomson R&D (<http://www.thomson.net>)
  - Laurent Blondé
  - Philippe Guillotel
  - Olivier Le Meur
  - Didier Doyen
  
- MXM ([www.mxm.eu](http://www.mxm.eu))
  - Guy Charvin
  - Jean-Louis Divoux
  
- France Télécom
  - Jérôme Fournier
  
- Let-it-wave ([www.letitwave.fr](http://www.letitwave.fr))
  - Stéphane Mallat
  
- SpikeNet Technology ([www.spikenet-technology.com](http://www.spikenet-technology.com))
  - Simon Thorpe
  
- Renault

- Essilor ([www.essilor.com](http://www.essilor.com))
  - Muriel Semeneri
  
- Institut de la Vision
  
- TRIMBLE (scanner laser, [www.trimble.com](http://www.trimble.com))
  - Thomas Chaperon

## 2.c. Exemples d'applications

### *2.c.1. Ingénierie*

- compression d'images et de vidéos (par exemple ondelettes)
- reconnaissance automatique de scènes, de situations, de visages, de phénomènes physiques
- fouille d'images, indexation de bases de données d'images et de vidéos
- aides optiques, simulation (réalité augmentée)
- suppléance visuelle, rétines artificielles, prothèses (locked-in syndromes)
- informatique bio-inspirée pour traiter la couleur dans les systèmes artificiels [David Alleyson]
- robotique (aide à la navigation)
- effets spéciaux (outil puis service)
- traitement basée sur la qualité perçue
- système de visualisation 3D, immersion (présence)
- interface homme-machine basée sur l'oculomotricité (ou l'activité cérébrale)

### *2.c.2. Services*

- normes d'éclairages (CIE), diodes
- prismes pour rééducation héli-négligence [Yves Rossetti]
- compréhension de la variabilité inter-individuelle et fatigue visuelle (service suivi d'un produit)

### *2.c.3. Pathologie*

- évaluation, diagnostique
- remédiation
- vieillissement (exemple de « segment »)

### **3. Veille scientifique, verrous technologiques**

Le GDR-vision a identifié certains thèmes forts, en plein essor, ou des problèmes clés sur le point d'être résolus.

Ces différents projets se déclinent suivant les méthodologies suivantes : électrophysiologie unitaire et population, perturbation (cooling, lésion), imagerie (optique, EEG, MEG, IRMf), psychophysique (psychologie expérimentale, cognitive, neuropsychologie, psychiatrie), modélisation (neuronale, probabiliste), neuro-modulation (TMS, stimulations, prothèses).

- dispositifs médicaux : stimulation cérébrale ; implants rétiniens ; stimulation cortex
- bases neurales de la conscience perceptive, « mind reading »
- le système visuel comme modèle pour mieux comprendre le fonctionnement du cerveau
- représentation neurale de certains attributs (en particulier 3D, couleur)
- étude de la fatigue et de la variabilité inter-observateurs ; mesure objective de la qualité perçue d'une image, d'un film
- connaissances à priori, contexte, mémoire pour la compréhension d'une image, état émotionnel

### **4. Propositions concrètes pour PIRSTEC**

Le GDR-vision propose les thèmes suivants qu'il considère comme prioritaires pour un futur appel d'offre de l'ANR. A cette fin, le réseau PIRSTEC (Prospective interdisciplinaire en réseau pour les sciences et technologies cognitives) a été créé pour identifier certains de ces thèmes importants pour les sciences cognitives.

#### 3.a. Images et vision naturelle

##### *4.a.1. Traitement d'images*

- identification, caractérisation d'images : flux, synthèse, compression, stockage

##### *4.a.2. Perception*

- analyse et catégorisation de scènes naturelles, saillance

#### *4.a.3. Restitution*

- qualité, apparence, réalisme, rendu, exploitation

#### *4.b.1. Traitement d'images*

- indices 3D, transparence, interaction, représentation formes 3D

#### *4.b.2. Perception*

- analyse et catégorisation de scènes 3D et d'objets, de localisation et navigation

#### *4.b.3. Restitution*

- qualité, apparence, réalisme, rendu, fatigue liée aux conflits d'indices

#### *4.c.1. Objectif*

- tâche, task switching, implicite vs. explicite

#### *4.c.2. Observateurs*

- attention, connaissance à priori, expertise, état émotionnel, acuité

#### *4.c.3. Performance*

- observateurs idéaux, modèles Bayésiens, images de classification

#### *4.d.1. Exploration*

- mouvements oculaires, vision active

#### *4.d.2. Perception et action*

- préhension, navigation, réalité augmentée

#### *4.d.3. Multi-sensorialité*

- intégration multi-modale, substitution, suppléance

# Oculomotricité

*par Z. Kapoula (atelier 15 – texte en attente)*

# L'acquisition de l'orthographe

*par S. Casalis (atelier 5 – texte en attente)*



# **Plurilinguisme, des substrats neuronaux aux pratiques sociales**

*par C. Tremblay (atelier 7 – texte en attente)*



# Manuscrits, linguistique, cognition

*par Claire Doquet-Lacoste (atelier 12 – texte en attente)*

# La mémoire : fonctionnement et dysfonctionnements

*Contribution de S. Laroche et Bruno Poucet*

Comprendre le fonctionnement du cerveau, décrypter les bases neurales de la plasticité cérébrale, des adaptations comportementales et des fonctions cognitives comme la perception, l'apprentissage et la mémoire, l'attention, les émotions, ou la prise de décision ; identifier les mécanismes responsables des pathologies connexes et soigner les maladies du cerveau sont des enjeux majeurs de la science du 21<sup>ème</sup> siècle, du triple point de vue de la connaissance, de la technologie et de la santé publique.

Ce domaine a connu ces dix dernières années un essor considérable au niveau international accompagné d'un renouveau important sur les plans conceptuel et méthodologique. À l'évidence, les succès anticipés depuis quelques années dans le domaine des neurosciences de la mémoire émergent nettement aujourd'hui grâce notamment aux formidables développements des connaissances dans le domaine de la post-génomique fonctionnelle et de la biologie cellulaire et moléculaire du neurone d'une part, de la neurophysiologie des ensembles neuronaux et de la neuroimagerie cognitive de l'autre. Cette véritable révolution a été rendue possible par le décloisonnement des problématiques et par la formation de nouvelles sphères d'interactions entre disciplines où l'on assiste à un important travail d'unification de nature technologique et conceptuelle. C'est aussi dans le cadre de ces nouvelles connaissances que sont profilées aujourd'hui nombre de recherches fondamentales et appliquées chez l'Homme, qu'elles touchent à la pharmacologie de la mémoire ou aux dysfonctionnements mnésiques qui surviennent lors du vieillissement ou de maladies neurodégénératives, neurologiques ou psychiatriques (Alzheimer, Parkinson, Huntington, retard mentaux d'origine génétique, autisme, schizophrénie, dépression, troubles bipolaires, épilepsie, accidents vasculaires cérébraux, troubles du développement, comportements addictifs, etc.).

Ces nouvelles synergies, qui ont permis le plein essor des démarches fondées sur l'intégration des niveaux d'analyse du neurone à la fonction, permettent de caractériser l'évolution récente en neurosciences de la mémoire par trois aspects marquants et interdépendants :

Un renouveau conceptuel de la notion de pluralité des processus de mémoire et de catégorisation des systèmes de mémoire qui conduit à une réévaluation des rôles spécifiques de différentes structures et circuits cérébraux. Un effort important de recherche est mené sur les supports neurobiologiques de mémoires explicites et implicites, où les nouvelles connaissances voient une harmonisation des théories issues des recherches chez l'homme, les primates et les rongeurs. On peut citer en particulier une redéfinition du rôle des aires hippocampiques et des cortex adjacents dans les mémoires épisodiques, ou de l'amygdale dans la mémoire émotionnelle ; le développement des études du rôle des ganglions de la base et de leurs relations corticales dans des mémoires procédurales ; l'analyse du codage et du décodage des représentations sensorielles et motrices dans les structures corticales. Cet intérêt se manifeste notamment dans les études comportementales qui conduisent à la conception de

nouveaux tests d'exploration fonctionnelle chez l'animal permettant, par exemple, l'étude des mécanismes de représentation spatiale, d'attention sélective, de gestion des informations contextuelles, de décision, de rappel et d'oubli, ou encore d'automatisation et de procéduralisation en mémoire. L'accent est mis sur une approche analytique et intégrative qui met aussi en valeur non seulement les interrelations entre systèmes de mémoire mais surtout la dynamique des fonctions mnésiques. Des exemples frappants de cet aspect de la dynamique des traces mnésiques sont la reformulation récente des concepts de consolidation et de reconsolidation post-rappel et la redéfinition des circuits neuronaux impliqués dans des mémoires récentes ou anciennes, aussi bien au niveau systémique que cellulaire. D'autres aspects clé concernent les interactions entre les grands systèmes neuromodulateurs (dopamine, sérotonine, acétylcholine etc..) et les réseaux de traitement de l'information, ainsi que les relations entre motivation et mémoire, émotion et mémoire, ou l'ontogenèse des processus mnésiques en relation avec la construction du cerveau.

Le deuxième grand domaine d'étude de la mémoire où des avancées importantes ont été réalisées concerne la recherche du code neural des souvenirs. Des avancées significatives ont été rendues possibles notamment grâce aux progrès récents dans les méthodes d'enregistrement d'ensembles neuronaux chez l'animal éveillé en situation d'apprentissage (50-150 neurones enregistrés simultanément). Les recherches actuelles remettent en cause les grands schémas localisationnistes de la mémoire et mettent en lumière non seulement la sélectivité des activations neuronales pour certaines catégories d'informations (par exemple, les cellules de lieu et de direction dans l'hippocampe) mais aussi la coopérativité des différents réseaux neuronaux mis en jeu depuis les étages sensoriels jusqu'aux régions les plus intégratives ; coopérations dynamiques étudiée par l'analyse de couplages temporels d'activité neuronale, de synchronisations, d'oscillations et de propagation d'activité dans des réseaux distribués. Les succès de cette approche reposent sur des enregistrements multi-sites *in vivo* et des collaborations interdisciplinaires permettant une analyse du signal performante. Elle devrait permettre de détecter la formation temporaire d'assemblées de neurones à des moments précis d'une tâche comportementale et aboutir à la formalisation de modèles dynamiques reposant sur les propriétés d'état des réseaux activés au cours de différentes phases du traitement de l'information mnésique. Ce domaine passe aussi par des interactions fortes avec les approches computationnelles impliquant modélisation mathématique et statistique.

Le troisième domaine qui a connu des avancées spectaculaires concerne les mécanismes cellulaires et moléculaires de la mémoire et des dysfonctionnements de la mémoire. D'un côté, les approches neurophysiologiques et de nouvelles méthodes d'imagerie cellulaire ont permis des percées spectaculaires dans l'analyse des mécanismes de communication intercellulaire et de plasticité neuronale impliqués dans la formation et la conservation de traces mnésiques. Dans le cadre de la post-génomique fonctionnelle, la connaissance de plus en plus approfondie des génomes a ouvert de nouveaux défis en neurosciences de la mémoire qui vont de l'identification de la fonction des gènes et protéines neuronales au développement d'outils de diagnostic et de médicaments. Ces approches ont permis l'identification de certaines voies de signalisation neuronales qui servent les processus de plasticité et de mémoire, depuis l'activation des récepteurs et canaux ioniques, messagers intracellulaires et intercellulaires et cascades d'activation de protéines, jusqu'à la régulation de gènes et de protéines neuronales et le remodelage des réseaux neuronaux ; mécanismes dont nous commençons seulement à entrevoir l'organisation et le fonctionnement normal. Par exemple, l'étude de modèles murins obtenus par la mise en œuvre des techniques de transgénèse, de mutagenèse, ou d'outils d'analyse génomique et protéomique à grande échelle et

d'intervention sur des cibles moléculaires (RNAi, vectorologie, imagerie génique *in vivo*, etc.), est devenue incontournable pour la compréhension des mécanismes moléculaires et génétiques complexes qui contrôlent la genèse, le fonctionnement et les adaptations des réseaux neuronaux par l'expérience. Ces dernières années ont aussi été marquées par la reconnaissance de l'importance des régulations par l'expérience des programmes d'expression géniques des neurones et la mise en lumière de l'importance et de la complexité des régulations épigénétiques, des thèmes en émergence qui seront déterminants pour la compréhension du fonctionnement et des dysfonctionnements du cerveau dans de nombreuses pathologies. Grâce à ces modèles et à de nouvelles interactions entre neurosciences intégratives, génétique moléculaire et génomique fonctionnelle, un effort particulièrement intense a également été réalisé dans le domaine des bases neurales et moléculaires des dysfonctionnements de la mémoire en relation avec le vieillissement cognitif ou certaines atteintes neurologiques ou psychiatriques caractérisées par des perturbations des fonctions mnésiques.

Enfin, des découvertes récentes spectaculaires comme la dynamique morphologique neuronale et la génération de nouveaux neurones chez l'adulte dans certaines structures centrales des invertébrés et des vertébrés, y compris chez l'Homme, ouvrent des horizons insoupçonnés sur les capacités de plasticité du cerveau en relation avec le fonctionnement et les dysfonctionnements du cerveau. Là encore, de nouveaux outils moléculaires ouvrent la voie d'une analyse du rôle des cellules souches neurales et de la neurogenèse adulte dans les processus mnésiques. Sont particulièrement étudiées les capacités régénératives des cellules souches neurales, les possibilités de leur (re)programmation, le contrôle de leur prolifération, les modalités de leur différenciation et de leur survie et de leur intégration fonctionnelle dans les réseaux neuronaux dans des situations physiologiques et pathologiques. L'accroissement des connaissances dans ces domaines et le développement de modèles animaux pertinents pour les analyses fonctionnelles et les tests de stratégies thérapeutiques seront d'une importance considérable sur le plan fondamental comme biomédical. Les connaissances sur l'implication des neurones néoformés chez l'adulte dans des fonctions cognitives et affectives, sur les altérations des mécanismes de prolifération ou de survie neuronale dans différentes neuropathologies et les premières tentatives de thérapie cellulaire ou de redirection des précurseurs neuronaux vers des zones non neurogéniques lésées sont des enjeux majeurs de la recherche actuelle. Elles ouvrent de nouveaux défis pour la réparation du système nerveux lésé ; un des grands espoirs des thérapies du futur.

Malgré ces avancées importantes, il est clair que la compréhension complète des mécanismes de la mémoire et de ses dysfonctionnements reste un objectif lointain. Une des difficultés majeures de la recherche dans ce domaine tient à la complexité du système nerveux où se superposent de nombreux niveaux interdépendants, depuis les édifices macromoléculaires formant les constituants élémentaires des cellules nerveuses, aux réseaux de signalisation intra et intercellulaires, aux connexions cellulaires et circuits locaux, et à la connectivité à grande échelle dans l'organisation anatomique globale du cerveau. Dans toutes ces orientations de la recherche, le défi majeur qui est posé aujourd'hui est de comprendre les interactions entre différents niveaux d'analyse et d'organisation, depuis les niveaux moléculaires et cellulaires, et celui des micro- et macro-réseaux neuronaux et de leur plasticité, jusqu'à l'expression des fonctions cognitives et des adaptations comportementales. Une intégration forte des approches « bottom-up » et « top-down » intégrant différents niveaux d'analyse et affranchi des cloisonnements disciplinaires et méthodologiques semble seule à même de permettre d'avancer dans la compréhension des règles qui lient la machinerie moléculaire à la physiologie du cerveau et aux processus cognitifs. Dans cette démarche, le va-et-vient entre

normal et pathologique constitue un élément clé permettant à la fois d'éclairer la compréhension du fonctionnement du cerveau en relation avec les processus mentaux, d'identifier les mécanismes responsables de dérégulations des comportements, de handicaps ou de maladies neurodégénératives, neurologiques ou psychiatriques, et enfin de rechercher des stratégies thérapeutiques innovantes (génétiques, pharmacologiques, comportementales), un enjeu sociétal majeur. Une politique incitative de rapprochement entre les différentes approches des neurosciences de la mémoire et le développement d'interfaces nouvelles est nécessaire pour réussir une véritable approche intégrative des mécanismes et des pathologies de la mémoire. C'est à ce prix que les propriétés fonctionnelles du système nerveux pourront être réellement expliquées et que des interventions thérapeutiques rationnelles et innovantes pourront être développées. Les enjeux dans ce domaine sont immenses puisqu'il s'agit non seulement de mieux comprendre le fonctionnement du cerveau en relation avec les processus mentaux, mais aussi de répondre au coût économique et social que représente aujourd'hui le bien être tout au long de la vie, la prévalence des maladies mentales, l'incidence accrue des démences comme la maladie d'Alzheimer ou encore les comportements addictifs.

Ces dernières années, des incitations et des soutiens du ministère, des universités et des organismes de recherche dans le domaine des mécanismes de la mémoire ont permis la constitution progressive d'une large communauté scientifique structurée en France qui tient bien sa place dans une compétition internationale de plus en plus vive. Ces efforts, mêmes modestes comparés aux moyens gigantesques qui sont mobilisés aux Etats-Unis au Royaume-Uni, en Allemagne, au Japon ou en Chine, s'amenuisent et il est à craindre que notre pays perde la dynamique qui a été engagée. Il est donc urgent que des initiatives soient prises pour poursuivre les efforts auparavant engagés dans ce domaine vital de la recherche. Le tissu de recherche français est particulièrement favorable pour la mobilisation des forces dans ce domaine dont les enjeux sont considérables aussi bien pour la recherche fondamentale que pour la recherche appliquée ou le secteur industriel. La société attend des neurosciences dans ce domaine des retombées majeures dans les champs de la connaissance, de l'éducation et de la santé.



# Langage et Cognition

*par C. Parisse (atelier 4)*

Troyes : 31-03-2009 – 01/04/2009

Coordination : Christophe Parisse : Modyco – INSERM, U. Paris Ouest Nanterre La Défense

Membres de l'atelier :

Mireille Besson : Incm – CNRS, U. Aix-Marseille II

Didier Bottineau : Modyco – CNRS, U. Paris Ouest Nanterre La Défense

Karine Duvignau : Clle-Erss – Université de Toulouse Le Mirail

Bruno Gaume : Clle-Erss – CNRS, U. de Toulouse Le Mirail

Anne Lacheret : Modyco – Université Paris Ouest Nanterre La Défense

Frederic Landragin : Lattice – CNRS, ENS

Marie-Thérèse Le Normand : LPNCog – INSERM, U. Paris Descartes

Christophe Parisse : Modyco – INSERM, U. Paris Ouest Nanterre La Défense

Xavier Rodet : IRCAM

Bernard Victorri : Lattice – CNRS, ENS

Stéphanie Girault : Représentant de Pirstec – RISC

Le langage est une faculté fondamentale de l'être humain, un des derniers produits de l'évolution des espèces. Son étude amène à lier de nombreux domaines et sources d'information et impose l'utilisation de moyens théoriques et pratiques importants et la mise en place de grands programmes de recherche. En revanche, comme pour compenser leur coût, les recherches et les avancées dans ce domaine ont l'avantage d'avoir des répercussions dans de nombreux champs et applications.

L'atelier Pirstec qui s'est déroulé sur 3 jours a permis d'aborder les liens entre langage, sciences humaines et sociales, sciences de l'information et de la communication et sciences de la vie. Il en est ressorti que plusieurs domaines prioritaires peuvent être mis en avant. Ils comportent aussi bien des visées à long terme qu'à court terme et qui ont de larges domaines d'applications. Par exemple, si l'on prend un thème appliqué comme celui la gestion de dialogue homme machine, il faut à court et à long terme améliorer la gestion du sens (prise en compte de la sémantique), des interactions (prise en compte de la pragmatique), de l'intonation (donc de la prosodie du langage), de la recherche de connaissances et de la manière de les structurer, de l'apprentissage et de l'adaptation, de la multi-modalité. Une telle recherche ne pourra avancer qu'en associant des compétences de domaines très variés. Inversement, des avancées dans ces domaines ne s'appliqueront pas au seul dialogue homme-machine mais aussi à l'interaction avec le web ou via le web, à l'apprentissage et à l'enseignement par ordinateur, à la modélisation et à la simulation de fonctions langagières complexes pour la recherche médicale, etc.

Le lien entre STIC et SHS ou SDV est fondamental pour faire avancer les approches théoriques et expérimentales en sciences cognitives et en particulier dans les domaines qui touchent au langage. En effet, ce thème de recherche ne se prête pas facilement à l'étude et à

la modélisation avec des systèmes physiques. L'expérimentation psycholinguistique ne permet d'observer que des produits finaux de nature globale, multi-source, multi-informationnelle et se prêtant mal au travail analytique. De plus, ces expériences sont longues et délicates à mener (ce qui ne les rend pas moins indispensables lorsqu'elles sont possibles). L'imagerie fonctionnelle ne permet pas encore une observation détaillée des processus neuronaux et, si elle le permettait, la complexité des phénomènes en jeu imposerait l'utilisation de modèles extrêmement complexes et sophistiqués qui ne pourrait être mis en œuvre que sur ordinateur. Enfin, la durée dans le temps des processus étudiés (1 jour, 1 mois, 1 an, 10 ans, 1 vie) en ce qui concerne le développement, l'acquisition et l'apprentissage du langage et les pathologies associées ne permet pas l'observation continue et devra dans l'avenir faire appel à la simulation pour aller au-delà des résultats obtenus actuellement. Le modèle informatique est donc indispensable car le détail, la complexité et la durée temporelle des processus les rends non observables.

Inversement, les SHS et les SDV apportent aux STIC un surcroît important de qualité dans les réalisations techniques et en particulier dans toutes les réalisations qui concernent les utilisateurs humains et les connaissances de haut niveau (savoir, langage), comme en particulier le dialogue homme machine (amélioration des voix, des interactions, du contenu sémantique) et tout ce qui touche le web (accès aux contenus, interactions à travers le web, apprentissages, didactique, etc.).

Dans la mesure où il se révèle difficile de cadrer spécifiquement certaines parties des travaux à réaliser dans le domaine des SHS, STIC ou SDV et portant sur le langage, nous avons relevé un ensemble de thèmes qui portent soit sur des applications à court terme, soit qui ont des visées à plus long terme et sur lesquels on pourrait s'appuyer pour lancer des programmes de recherche, sachant que n'importe lequel de ces thèmes profitera aussi aux autres. Tous les thèmes ont en commun qu'ils pourraient être encore enrichis s'ils sont abordés dans une approche multilingue et non centrées sur une seule langue, le français ou l'anglais.

Thèmes ayant une portée plutôt à long terme :

De la génétique à la biologie à la linguistique : quelles sont les bases génétiques et biologiques du langage ? – quel type de simulations réaliser pour étudier ce domaine ?

Il est nécessaire pour la recherche fondamentale d'expliquer comment passer d'un niveau de description (la linguistique) à un niveau « d'implémentation » (la biologie) et à un niveau de « programmation » (la génétique) et inversement. Les recherches en linguistique et en psycholinguistique ne peuvent faire l'économie de la réflexion sur la manière dont le cerveau humain met en œuvre le langage et inversement les travaux sur le cerveau et la génétique doivent pouvoir expliquer comment seraient réalisées les fonctions complexes décrites en linguistique et en psychologie. Un tel programme sur les bases physiologiques et psychobiologiques du langage doit être de nature pluridisciplinaire.

Spécificité du langage dans la cognition : quelles sont les capacités qui permettent au langage d'exister et quelles sont les caractéristiques qui en font une faculté aussi spécifique ? (voir texte ci-dessous).

Liens entre langage et autres performances cognitives (mémoire, attention, motricité, raisonnement, génération et compréhension d'analogies)

Le langage est une capacité de l'être humain qui entretient de nombreuses relations avec d'autres capacités cognitives. Par exemple dans le cas de pathologie du développement du langage, de nombreux travaux suggèrent l'existence d'un lien

entre les déficits en langage et les troubles de mémoire, d'attention, de perception, de motricité. Quels sont les liens entre les différentes capacités cognitives et le langage ? Quels sont les moyens de modéliser de tels liens, d'expliquer leurs causalités, de les tester de manière expérimentale ? Comment tenir compte de la validité psychobiologique ?

#### Multimodalité langagière

##### a. expressivité de la voix

prosodie : usage, développement, modélisation, liens avec les émotions, liens entre prosodie et non-dits (en fonction des langues et des usages sociaux)

lien entre expressivité (tonalité, modulation de la voix) et prise en compte de la gestualité, des postures

trouble de la multimodalité dans l'acquisition du langage et les pathologies du langage

implémentation neuronale de la multimodalité, lien avec la mémoire et l'attention

#### Sémantique, pragmatique et sociolinguistique

Il est nécessaire d'aller au-delà des paradigmes de recherche qui se concentrent sur les aspects formels (en particulier la syntaxe ou la phonétique/phonologie) et d'inclure la sémantique, la pragmatique et à terme des éléments sociaux et culturels (pour tout système appliqué et pour aller plus loin dans la compréhension théorique du langage, de l'acquisition du langage et pour des applications pratiques en particulier dans le dialogue homme machine).

#### Modélisation de l'acquisition du langage et généralisation aux apprentissages L1 et L2.

L'acquisition et l'apprentissage du langage sont des phénomènes trop étendus dans le temps pour être étudiés par la seule observation directe. Il est donc nécessaire de disposer de modèles et d'outils de simulation pour appréhender le phénomène dans son ensemble. De tels outils permettront de comparer des théories (linguistiques ou psycholinguistiques) différentes et parfois très opposées. Ils peuvent aussi amener de nouveaux paradigmes théoriques en cherchant à respecter la validité psychobiologique et en s'inspirant des travaux en traitement automatique du langage (TAL).

#### Réorganisation neuronale et développement

En liaison avec les thèmes 1), 3) et 6), quels sont les modèles pouvant expliquer les réorganisations neuronales en cas de troubles acquis ou développementaux ? Comment les connaissances acquises sur une modalité peuvent basculer ou être réutilisées dans une autre modalité ou un autre contexte, en cas de trouble neurologique ou de nouvel apprentissage ?

##### 2) Diachronie et évolution des langues

Le rythme d'évolution des langues se justifie-t-il par des seuls critères de réalisation psychomotrice, de généralisation et simplification en audition et en production. Les facteurs sociaux, identitaires ont-ils une influence notable ou même prioritaire. L'importance de la modélisation et de la simulation pour un tel thème « peu observable » est fondamentale.

##### 3) Utilisation de modèles TAL pour la psychologie, la psycholinguistique et la linguistique (et inversement)

Le TAL peut-il inspirer la cognition ? Les techniques automatiques « efficaces » (chunks, calculs massifs) ont-ils une réalité ou un pendant neurobiologique et psychologique ? Peuvent-elles inspirer certains modèles en sciences humaines et sociales ?

Qu'est-ce sont les implications des résultats obtenus en apprentissage non supervisé pour les théories psycholinguistiques et linguistiques ?

Les modèles TAL doivent-ils chercher le réalisme psycholinguistique en s'inspirant des théories de sciences humaines, dans le but d'améliorer leurs résultats et de mettre ces théories à l'épreuve ?

Applications à court et moyen terme :

Outils pour l'interaction optimale avec le web ou via le web

- a) Dialogue homme machine
  - a. Utilisation de la théorie de la pertinence et du contexte cognitif
  - b. Utilisation de nouveaux types de capteurs
  - c. Gestion de la prosodie en temps réel
  - d. Utilisation d'une grammaire de l'oral
  - e. Moyen de mesure et d'évaluation des systèmes de dialogue
- b) Modélisation des pathologies du langage pour le diagnostic, la remédiation (suivi des patients) et la recherche (application clinique et scolaire)
- c) Nouvelles technologies pour l'apprentissage assisté par ordinateur (notamment usage scolaire) :
  - a. Interface utilisateur, relation avec l'apprenant – notamment plus réaliste
  - b. Adaptation de l'interface en fonction de l'apprenant
  - c. Adaptation des apprentissages (mesure des acquisitions)
  - d. Ergonomie cognitive : création d'outils adaptés à la manière dont le cerveau fonctionne
- d) Outils d'apprentissage des langues (L1 et L2) : génération de parole, modification des timbres, de l'accentuation, des accents

Toutes les applications potentielles de ce domaine (il en existe de nombreuses qui ne sont pas citées ici) impliquent des liens avec la presque totalité des thèmes plus généraux. On notera ainsi les associations de b) avec 3), 4), 5), 6), 9) et de c) avec 1), 2), 3), 4), 5), 6), 7) pour ne citer que quelques exemples. Les programmes de recherche liant un champ théorique à une application sont donc envisageables et souhaités dans la mesure où ils associent de manière idéale visée à long terme et réalisme à court terme.

# Spécificités du langage :

## des questions à approfondir

*par Bernard Victorri*

Lattice-CNRS, ENS

Dans quelle mesure l'activité langagière fait-elle appel à des compétences différentes des compétences cognitives présentes chez un certain nombre d'espèces animales, et, plus spécifiquement, des compétences à l'œuvre dans d'autres activités cognitives humaines ?

Ces questions, on le sait, ont reçu des réponses radicalement opposées de la part des linguistes qui revendiquent le label de "linguistique cognitive". Pour Chomsky et la plupart des générativistes, la faculté de langage tient essentiellement à un système computationnel unique en son genre, sans aucun équivalent dans le monde biologique en général ni dans le reste de la cognition humaine en particulier. Du côté des tenants des grammaires cognitives, on estime au contraire que l'activité langagière repose principalement sur des compétences cognitives générales, et l'on insiste sur les points communs avec d'autres aspects de la cognition humaine, notamment la perception visuelle.

Pendant longtemps, ces prises de position extrêmes ont donné aux débats sur ces questions une coloration plus idéologique qu'autre chose, chaque camp en faisant un point de doctrine intangible, et ces blocages ont considérablement gêné le développement de recherches dégagées de tout apriori, condition sine qua non pour examiner plus en détail et plus en profondeur ces questions, qui méritent sans doute des réponses moins caricaturales.

Il me semble qu'aujourd'hui on peut considérer que ces querelles assez stériles peuvent être dépassées et proposer un programme de recherche capable de rassembler l'ensemble des chercheurs dans le domaine autour de questions précises, susceptibles de faire avancer nos connaissances sur ce sujet dont l'intérêt est indiscutable, le langage étant lui-même au cœur des spécificités de la cognition humaine, notamment parce qu'il est à l'origine de l'intrication indissociable entre cognition individuelle et cognition sociale caractéristique de notre espèce.

On peut distinguer trois grands axes de réflexion complémentaires que je vais présenter ici très succinctement.

### **A. Les mécanismes cognitifs impliqués dans le langage**

Il s'agit d'examiner quelles sont les différentes opérations cognitives à l'œuvre dans l'activité de langage, en précisant pour chacune son degré de spécificité en comparant avec d'autres activités cognitives chez l'animal et l'homme.

A titre d'illustration, voici une liste de quatre de ces "mécanismes cognitifs" que je donne ici simplement pour montrer concrètement ce que j'entends par ce terme (sans aucune prétention à l'exhaustivité). Sur les quatre, les deux premiers sont très largement répandus dans le règne animal, le troisième correspond à un développement plus important des capacités perceptives d'un nombre plus restreint d'espèces, et le quatrième est plus spécifique de quelques types bien particuliers d'activités cognitives que je réserverais à tout petit nombre d'espèces, voire uniquement à l'homme.

#### 1) Le mécanisme de catégorisation

C'est le mécanisme qui permet de regrouper des inputs semblables, proches sur la plupart des dimensions perçues, pour les traiter de la même manière (à un niveau donné : réagir par une même réponse motrice, provoquer un même comportement, associer un même symbole, etc.)

### 2) Le mécanisme d'invariance perceptive

Complémentaire du précédent, ce mécanisme permet d'identifier comme identiques des inputs qui peuvent être très éloignés sur certaines dimensions perçues, mais qui sont les transformations les uns des autres par des mouvements moteurs (translations ou homothéties dans l'espace pour le système visuel, translations dans la dimension fréquentielle pour un input sonore, etc.)

### 3) Le mécanisme de compositionnalité gestaltiste

Ce mécanisme permet de traiter des stimuli complexes suivant le principe gestaltiste d'interaction entre le tout et les parties : chaque élément de l'ensemble contribue à donner un sens global au tout, mais dans le même temps, c'est l'appartenance à ce tout qui permet de donner un sens à chacun des éléments. Cette opération est nécessaire aussi bien pour la perception visuelle de formes complexes (reconnaissance de visage, par exemple) que pour la compréhension d'énoncés (relations actanciennes dans une phrase simple, par exemple).

### 4) Le mécanisme de composition séquentielle hiérarchique

Ce mécanisme permet de traiter des éléments de niveaux hiérarchiques différents disposés linéairement. C'est ce mécanisme qui est nécessaire pour traiter la récursivité à l'œuvre dans les phrases complexes. Mais ce n'est pas pour autant forcément le mécanisme de récursivité infini, à l'œuvre à tous les niveaux de l'organisation syntaxique, postulé par la grammaire générative chomskyenne. En fait, on peut se passer de la récursivité chomskyenne pour le traitement des syntagmes nominaux et prépositionnels, pour l'organisation actancielle, etc., et, de plus, là où ce mécanisme est vraiment nécessaire, c'est-à-dire pour l'enchâssement d'une proposition à l'intérieur d'une autre, le nombre de niveaux hiérarchiques à traiter de manière récursive est toujours très faible. Ce mécanisme serait aussi à l'œuvre dans d'autres activités cognitives humaines, comme la planification des actions ou encore la musique.

## **B. Les fonctions du langage**

Il s'agit d'identifier les fonctions du langage qui lui sont spécifiques par rapport aux autres systèmes de communication animales et, aussi, aux autres systèmes symboliques humains (dans la mesure où on peut les analyser indépendamment du langage, dont ils sont en général plus ou moins fortement dépendants).

Cela réclame d'abord de classer ces différentes fonctions, un travail qui est loin d'avoir été mené à son terme de manière satisfaisante, malgré un certain nombre de tentatives dans ce domaine. Si l'on prend comme point de départ la classification de Jakobson, sur les six fonctions qu'il a identifiées, trois d'entre elles semblent assez largement répandues dans la communication animale, à savoir les fonctions expressive, conative et phatique. En revanche, deux semblent beaucoup plus spécifiques : la fonction poétique et la fonction métalinguistique, cette dernière étant sans doute l'apanage exclusif du langage. Mais c'est surtout la fonction dite référentielle (ou représentationnelle) qui mérite d'être étudiée de plus près. Celle-ci est en effet une classe fourre-tout, qu'il faudrait diviser en fonctions plus précises. Ainsi on sait aujourd'hui que d'autres systèmes de communication animale permettent l'échange d'informations factuelles sur la situation présente. En revanche, des fonctions comme la fonction argumentative et la fonction narrative sont, semble-t-il, tout aussi spécifiques du langage humain que la fonction métalinguistique.

Cette réflexion sur les fonctions du langage est importante notamment pour comprendre comment le langage a pu apparaître au cours de l'hominisation, et pour expliquer le rôle qu'il a joué dans la structuration des sociétés humaines.

## **C. La dynamique d'évolution des langues**

Il s'agit d'une autre grande spécificité du langage humain qui reste en grande partie énigmatique. Comme on le sait, les langues évoluent sans cesse, sans pour autant s'améliorer,

au sens où toutes les langues passées ou présentes connues semblent avoir la même puissance d'expression (je parle bien entendu de l'évolution structurelle des langues, morpho-syntaxique et grammaticale, et non de l'évolution du lexique, qui, elle, ne remet pas en cause la structure d'une langue, puisque la création de nouveaux mots de vocabulaire fait partie de la productivité intrinsèque de toutes les langues). Il semble même que cette évolution structurelle soit cyclique, certaines caractéristiques apparaissant et disparaissant régulièrement au cours du temps (ainsi des langues isolantes donneraient naissance à des langues agglutinantes, qui elles-mêmes évolueraient en langues flexionnelles, pour redonner à leur tour des langues isolantes...).

Contrairement à d'autres systèmes évolutifs, comme les espèces biologiques, ou d'autres systèmes sociaux (le droit, par exemple), il ne semble pas exister de principe d'optimisation locale à l'œuvre. L'idée que cette évolution serait due au jeu des forces opposées ne suffit pas à expliquer que le système ne se stabilise pas. Ainsi, on a souvent invoqué le fait que comme les locuteurs cherchent à dire le plus de choses possible en un minimum de temps, cela provoquerait une érosion progressive du matériau linguistique qui aboutirait à des énoncés de plus en plus ambigus, ce qui serait alors combattu par la mise en place de nouvelles tournures capables de désambiguïser le message au prix d'un nouvel allongement, de manière à ce que les locuteurs puissent être compris. Mais en fait si cette explication était bonne, on ne voit pas pourquoi l'érosion ne s'arrêterait pas avant que les ambiguïtés ne soient trop fortes, aboutissant ainsi à un état stable qui serait le compromis optimal entre ces deux impératifs contraires.

Il faut peut-être chercher l'explication à l'extérieur du langage lui-même. On peut par exemple remarquer que le processus d'acquisition de la langue ne se réduit pas à une simple reproduction, mais implique une véritable appropriation, l'enfant transformant à sa façon le matériau linguistique qui lui est soumis pour le faire sien, tant la langue joue un rôle capital dans la structuration de sa personnalité. De même on peut constater des phénomènes analogues au niveau des groupes sociaux, l'appropriation de la langue par chaque groupe le conduisant là aussi à déformer la langue commune pour affirmer son identité propre (socioculturelle, géographique, générationnelle, etc.) par rapport au reste de la société. Il s'agit là, me semble-t-il, d'un vaste champ de recherche pour les sciences cognitives, à la fois dans le domaine de la cognition individuelle et dans celui de la cognition sociale.



### **III. Interaction : de l'individu au réseau**

# Atelier de prospective sur la Cognition Sociale

*par Catherine Garbay, Philippe Gaussier, Elisabeth Pacherie et Jean-Luc Schwartz (atelier 6)*

Dates : mardi 5 et mercredi 6 mai 2009

Lieu: LIP6 - Site Passy-Kennedy, 104 avenue du Président Kennedy, 75016 Paris - France

## A. Présentation de l'atelier

### Introduction

La cognition sociale renvoie à l'étude de l'ensemble des processus cognitifs qui sous-tendent les interactions sociales. Ce champ d'investigation fortement interdisciplinaire a connu au cours de la dernière décennie un essor considérable, marqué notamment par la parution de plusieurs nouvelles revues scientifiques spécialisées. L'étude de la cognition sociale a été abordée à partir de plusieurs perspectives théoriques et méthodologiques apportant des éclairages complémentaires sur sa nature. L'objectif de cet atelier est de mieux cerner les contours de ce nouveau champ, de dresser un état des lieux des recherches menées dans ce domaine en France et de repérer les thématiques en cours d'émergence. Il s'articulera autour de quatre volets d'exploration.

### 1. Bases cognitives et cérébrales de la cognition sociale

De manière paradigmatique, l'étude de la cognition sociale vise à la caractérisation des processus cognitifs spécifiquement impliqués dans la perception, la représentation, l'interprétation et la mémorisation et la production de l'information sociale chez les sujets humains et à l'identification de leurs bases cérébrales. Les travaux menés au cours de la dernière décennie ont notamment porté sur les processus impliqués dans la mentalisation, l'empathie, l'altruisme, le jugement moral, l'action conjointe, la distinction soi/autrui, la prise de décision dans des contextes de compétition ou de coopération. L'économie expérimentale et la neuroéconomie ont introduit dans les années 2000 une perspective nouvelle avec l'introduction de situations expérimentales plus proches des interactions sociales réelles. Celles-ci ont permis de mettre en évidence le rôle important des processus psychologiques émotionnels dans la prise de décision économique et financière. Corrélativement, le développement de méthodes de neuroimagerie non-invasives, comme la fMRI, ont permis aux neurosciences d'explorer les corrélats cérébraux des phénomènes de la cognition sociale. A la croisée de ces deux approches, la neuroéconomie connaît actuellement un développement rapide tant au sein des universités que des entreprises.

## 2. Développement et pathologies de la cognition sociale

Les travaux d'Antonio Damasio sur les patients fronto-lésés ont eu un impact considérable dans l'étude de la cognition sociale, en montrant que ces régions jouent un rôle crucial dans le jugement social et les interactions avec autrui. D'autres pathologies, certaines développementales, comme l'autisme, le syndrome de Williams, les troubles de la conduites, d'autres survenant à l'âge adulte, comme la schizophrénie, comportent une importante dimension sociale. Les recherches récentes indiquent qu'elles correspondent, au moins en partie, à un dysfonctionnement de certains mécanismes de la cognition sociale. Etant donné le rôle fondamental joué par les interactions sociales dans la vie humaine, une meilleure compréhension de l'ontogénèse de la cognition sociale et de la nature de ses dysfonctionnements constitue un enjeu sociétal majeur. Les recherches en cours permettent notamment d'envisager le développement de nouvelles méthodes dans le domaine de l'éducation et de techniques de remédiation plus ciblées dans le domaine de la santé .

## 3. Origines de la cognition sociale: perspectives développementales, comparatives et phylogénétiques; modélisation mathématique et robotique

On qualifie parfois l'espèce humaine d'espèce ultra-sociale. S'il est vrai que d'autres espèces et notamment les primates non-humains développent certaines capacités de cognition sociale, la cognition sociale prend chez l'homme des formes uniques dont témoignent des productions telles que le langage, la culture, les institutions et formes complexes d'organisation sociale qui nous sont propres. La psychologie évolutionniste, l'éthologie, la psychologie comparative cherchent à comprendre les formes de continuités et de discontinuités entre cognition sociale animale et humaine et les conditions particulières à l'évolution de l'espèce humaine qui ont permis l'émergence des capacités cognitives qui ont rendu possible ces formes uniques de cognition sociale. Les tentatives de modélisation des interactions entre agents en théorie des jeux, les approches développementales et interactionnistes en robotique apportent un éclairage complémentaire en cherchant à identifier et recréer les conditions d'émergence et de stabilisation de ces capacités. Les problématiques actuelles concernent notamment l'émergence du langage, les conditions de stabilisation de stratégies d'interaction coopératives, le rôle que l'établissement de capacités d'apprentissage et de transmission intergénérationnelle de techniques et connaissances ont joué dans l'évolution humaine.

## 4. Dispositifs techniques et outils de médiation de la cognition sociale

Aborder les questions de la cognition sociale sous l'angle des dispositifs et médiations techniques suscite plusieurs types de questionnements: (i) comment observer, modéliser, simuler des phénomènes sociaux à vaste échelle, (ii) quelles sont les formes de médiation de l'action collaborative humaine et (iii) comment concevoir et gouverner des systèmes socio-techniques intégrant acteurs humains et artificiels pour la conduite de tâches complexes.

### 4.1. Observation, modélisation et simulation de phénomènes sociaux à vaste échelle

Ces questions prennent une importance grandissante dans un contexte de passage à l'échelle des outils de modélisation et de calcul (théorie des graphes, outils stochastiques, systèmes neuronaux, multi-agents...) et du développement de l'informatique ambiante (essor des problématiques de la surveillance avec la modélisation / simulation informatique de comportement de masse comme les foules). Plus récemment, la question des dynamiques sociales est devenue un enjeu majeur,

avec le développement des communautés en ligne et des réseaux sociaux dont l'impact dépasse la sphère privée pour toucher toutes les sphères d'activité (sphère de l'entreprise en particulier).

#### *4.2. Médiations de l'action collaborative humaine*

Tous les processus métiers (de l'usinage au e-learning) sont bouleversés par l'essor des technologies hypermédia et du web, et par le développement sans précédent des dispositifs de capture de données et des outils de la traçabilité. Outre les questions de maîtrise des flux informationnels, d'élaboration du sens, de construction des connaissances et de préservation des patrimoines, une problématique centrale est celle de l'émergence de processus collaboratifs impliquant toute la chaîne logistique (des capteurs aux documents et aux services distribués) et toute la chaîne organisationnelle (des producteurs aux clients). Les outils du réseautage social induisent des modifications profondes des statuts mutuels des acteurs, avec la mise en place de nouvelles formes de collaboration et de recrutement et l'émergence de problèmes nouveaux comme la maîtrise de la réputation et de l'identité. Les questions de l'ergonomie des situations de travail coopératives demeurent également présentes, avec l'essor des situations d'action collective instrumentée et les nouveaux enjeux de la réalité virtuelle.

#### *4.3. Conception et gouvernance de systèmes socio-techniques*

La complexité grandissante des articulations entre humains et artefacts techniques pose des problèmes cruciaux en termes de prise de décision et de gouvernance. La prise de décision prend la forme d'un problème très complexe et s'effectue dans des contextes marqués par une décentralisation et une diversité accrue, et des besoins de réactivité grandissants. La prise en compte des contextes de crises ou de conflits devient également un enjeu majeur. Les questions de pilotage logistique et décisionnel des organisations, de gouvernance des systèmes socio-techniques complexes deviennent cruciales à considérer dans ce contexte. Le caractère très largement émergent des phénomènes considérés rend ces tâches difficiles.

### **Format de l'atelier**

L'atelier s'est organisé sur deux jours, une demi-journée étant consacré à chaque thème. Chaque demi-journée a comporté 4 à 5 présentations d'une quinzaine de minutes proposant une synthèse des recherches en cours dans le domaine, faisant le point sur les forces (et les lacunes) de la recherche française dans le contexte international, et indiquant les pistes de recherche pour l'avenir. Ces présentations ont été suivies d'une table-ronde.

## B. Compte-rendu

Des exposés (voir résumés disponibles en annexe) et débats qui se sont déroulés lors de ces journées, on peut proposer des éléments de compte-rendu organisés en six points.

### 1. Des contours

Le débat a fait apparaître que l'essor considérable des recherches sur la cognition sociale s'est accompagné d'un élargissement des contours et du concept de cognition sociale. Ces contours étaient initialement définis par trois postulats principaux: (i) la cognition sociale est une sous-partie de la cognition individuelle ayant trait aux interactions entre agents (ii) les processus cognitifs pertinents pour la cognition sociale sont ceux qui permettent aux individus d'inférer les états mentaux d'autrui et de prédire et anticiper sur cette base leurs comportements (paradigme de la théorie de l'esprit) et (iii) la cognition sociale, avec ses composantes de réflexivité et de mentalisation, met en jeu des capacités cognitives de haut niveau. Les recherches actuellement menées sous la bannière de la cognition sociale ont tendance à s'affranchir de ces postulats initiaux.

#### *A. Cognition sociale, interactions sociales et communication sociale*

Les concepts de 'cognition sociale', 'interaction sociale', et 'communication sociale' sont désormais souvent utilisés comme des synonymes. Cet usage indifférencié des termes peut induire l'idée que cognition sociale et interactions sociales se fondent sur les mêmes processus cognitifs et mécanismes cérébraux. On peut être tenté de considérer que les processus qui sous-tendent la cognition sociale, prise au sens étroit, sous-tendent également l'ensemble des interactions sociales. Cette conception est fortement influencée par une option théorique selon laquelle interagir socialement implique de raisonner, anticiper et comprendre les intentions des autres. On peut à l'inverse être tenté de considérer que les processus cognitifs et mécanismes cérébraux qui sous-tendent les interactions sociales suffisent également à rendre compte de la cognition sociale dans ses aspects réflexifs et mentalistes. Toutefois, les comparaisons inter-espèces ainsi que l'étude du développement humain et de ses troubles suggèrent une disjonction entre les propriétés de la cognition sociale au sens étroit et celles des interactions sociales (partage émotionnel, l'attention conjointe, l'imitation ou la synchronie interactionnelle et les échanges gestuels). Cette disjonction n'interdit pas que les mécanismes cérébraux sous-jacents se recouvrent partiellement, mais n'autorise pas à franchir le large fossé qui sépare les comportements sociaux de la cognition sociale. Le problème des précurseurs et pré-requis de la cognition sociale en est rendu beaucoup plus complexe que parfois suggéré (Nadel).

#### *B. Cognition sociale: théorie de l'esprit vs. sociologie naïve*

Les recherches en sociologie, anthropologie et éthologie ont mis en évidence toute une série de faits sociaux associés à l'existence collective et partagés en commun par les primates et l'espèce humaine. Ces faits élémentaires incluent notamment les actions primitives (se battre, chasser, se nourrir, copuler, partager, échanger, consoler, réconcilier), et les relations sociales de base (échange, parenté, réciprocité, collaboration, domination) Une société, au sens élargi du terme, est ainsi composée d'interactions et d'interrelations dont les formes typiques ne dépendent ni de leurs instanciations *hic et nunc*, ni des motivations des êtres qui les actualisent. La cognition sociale renvoie alors aux capacités impliquées dans la compréhension de ces faits sociaux. L'éthologie, la psychologie évolutionniste et la psychologie du développement fournissent de nombreux arguments, à la fois phylogéniques, ontogéniques et logiques, pour suggérer que l'ordre des faits sociaux précède celui des faits

psychologiques, suggérant la nécessité d'un modèle non mentaliste de la cognition sociale. Selon l'hypothèse de la 'sociologie naïve', les faits sociaux, qui font partie des problèmes récurrents rencontrés par nos ancêtres dans leur environnement, ont favorisé l'émergence de mécanismes informationnels dédiés distincts des mécanismes impliqués dans la théorie de l'esprit (Clément, Kauffman).

### *C. Cognition sociale: individualisme, holisme, émergentisme*

A une conception de la cognition sociale comme sous-partie de la cognition individuelle ayant trait aux interactions entre agents, s'oppose une conception de la cognition comme sociale de bout en bout. Selon cette seconde approche holiste, les structures sociales (normes, institutions, culture, langage, systèmes techniques) sont premières et toute activité, y compris la cognition, ne peut exister et se définir qu'en rapport à cet arrière fond social. Une troisième approche émergentiste propose une synthèse possible susceptible de réduire cet antagonisme. La cognition sociale est alors vue comme l'ensemble des processus de traitement d'information distribuée dont les produits sont à la fois les structures sociales et les identités des agents (représentations, croyances, préférences, valeurs, etc). Il en découle des axes de recherche sur la morphogenèse des structures sociales, la morphogenèse des identités des agents, le couplage entre les deux, la co-formation de l'identité et des structures. Une partie des recherches actuellement menées sur les systèmes multi-agents, sur les insectes sociaux, sur les formes de cognition collective émergeant dans le cadre des technologies hypermedia et du web relève de cette dernière approche (Chavalarias, Origgi, Licoppe, Stewart).

En conclusion, au fur et à mesure de ses succès et de l'implication de nouveaux champs disciplinaires dans son étude, la définition de la cognition sociale a gagné en extension et perdu de sa précision. Il importe de spécifier les acceptions et leurs enjeux théoriques et méthodologiques, de les articuler sans chercher nécessairement à les réduire

## **2. Des outils théoriques**

Il s'agit de la boîte à outil classique des sciences cognitives, mise au service de la cognition sociale, et visant à extraire des processus dont on cherche à décrire les entrées, les sorties, les modes opératoires, les processus calculatoires éventuels, les réseaux sous-jacents, les représentations, etc par un enchaînement méthodologique et théorique qui vise à mesurer, quantifier, opérationnaliser, et allie fractionnement, intégration, modélisation qualitative ou computationnelle. On y trouve ici des notions de noyau, de systèmes précurseurs, de processus de construction du simple au complexe, permettant éventuellement de faire le lien avec la primatologie, le développement, la phylogenèse.

### *A. Les outils théoriques « traditionnels », adaptés à la cognition sociale*

Les outils de mise en évidence de processus cognitifs sociaux sont multiples : paradigmes comportementaux basés essentiellement sur les interactions sociales, neuroimagerie qui prend une importance croissante, mise en relation de composants de la cognition humaine avec la cognition animale ou avec des étapes développementales, pathologies de « composants » de la cognition sociale

Les modèles permettent la caractérisation des processus : robotique pour les théories de l'action, réseaux émergents pour la morphogenèse de structures sociales (y compris le langage),

modélisation des phénomènes collectifs et des réseaux sociaux par systèmes multi-agents, théorie des jeux pour l'économie cognitive, sciences de la complexité.

*B. L'émergence d'outils ou de questions spécifiques*

On a vu émerger dans cet atelier des outils ou concepts nouveaux ou spécifiques, probablement cruciaux pour l'avenir des recherches dans le domaine, et notamment :

La notion de noyau, la recherche de systèmes précurseurs, de processus de construction du simple au complexe, permettant éventuellement de faire le lien avec la primatologie, le développement. Deux temps forts de cette recherche de précurseurs : le « compromis » entre Chomsky et Hauser et Fitch autour de la notion de « faculté de langage au sens étroit », FLN, centrée sur la récursivité, et de « faculté de langage au sens large », FLB, fournissant un environnement cognitif sur lequel le langage aurait pu se développer ; et la proposition de Dehaene et Cohen du recyclage culturel. Dans cette recherche de précurseurs, il faut évidemment mentionner le rôle important de la littérature sur les neurones miroir

- La notion d'endophénotype, faisant émerger si possible des systèmes cognitifs « cachés » derrière une symptomologie complexe / et permettant éventuellement de faire le lien avec la génétique
- La notions de fonctions (communication, constitution de réseaux sociaux, « grooming » social, apprentissage, etc)

### 3. Des enjeux théoriques

La démarche des sciences cognitives appliquées à la « cognition sociale » permet de pénétrer des domaines variés :

- Le langage, qui peut être « interrogé » depuis les points de vue de la cognition individuelle et sociale, avec des perspectives majeures d'en renouveler les perspectives. Il s'agit de passer le langage au crible de ses mécanismes, de ses fonctions, de ses principes d'évolution, en regard de questions de la cognition individuelle et de la cognition sociale (Dessalles, Victorri), jusqu'à des synthèses possibles entre robotique cognitive et théorie des jeux, avec les paradigmes des « jeux de langage » inventés par Steels et utilisés de plus en plus dans les recherches sur la phylogenèse du langage humain.

Mais aussi :

- La psychologie sociale, vers une « sociologie cognitive » dans laquelle on cherche à avancer (au moins partiellement) sur la voie de la naturalisation de représentations sociales (Clément, Kaufmann)
- La micro-économie vers la « neuroéconomie », et la recherche d'ancrages dans des processus de bas niveau (Bourgeois-Gironde)
- La cognition morale, et la recherche d'ancrages dans des processus noyau « primitifs » (Dupoux)

- La cognition culturelle et la psychologie inter-culturelle: autour des questions de la construction des croyances et représentations culturelles et de la variabilité interculturelle des mécanismes psychologiques (Van der Henst, Clément)
- L'épistémologie sociale, autour des questions de la constitution et de la validation épistémique des savoirs collectifs (Origgi)
- La psychiatrie, autour des questions de la définition d'endophénotypes, de systèmes cognitifs cibles de pathologies spécifiques (Berthoz, Deruelle, Fossatti, Deruelle)

On peut relever également des questions pas réellement abordées, mais qui semblent importantes, traitant notamment :

de l'impact du collectif sur la performance individuelle

- de la question de la construction des croyances, des représentations, et plus largement des savoirs (peu abordées lors des ateliers)

de tout ce qui touche à la gouvernance des systèmes socio-techniques complexes, en particulier avec l'essor de l'internet des objets (mais pas uniquement)

#### 4. Des enjeux méthodologiques

Les outils « traditionnels » d'observation cognitive par la méthode expérimentale (comportement, neurosciences) et la simulation restent bien sûr centraux.

##### *A. Outils et paradigmes pour la cognition sociale*

Les outils « traditionnels » d'observation cognitive par la méthode expérimentale (comportement, neurosciences) et la simulation restent bien sûr centraux, avec des enjeux spécifiques.

Emergence de paradigmes de jeux comportementaux (des précurseurs issus de la psychologie cognitive, notamment autour des paradigmes d'imitation ou des méthodes de la psycholinguistique, vers toute une batterie de nouveaux paradigmes d'interaction, notamment dans le cadre de l'économie cognitive)

- Mise en évidence d'ontologies naïves, à l'image des travaux sur la physique naïve de Spelke et coll.
- Nécessité d'une intégration des données anatomiques et fonctionnelles issues de la neuroimagerie, EEG et MEG afin d'obtenir des modèles de plus en plus précis des interactions fonctionnelles (connectivité fonctionnelle et effective) au sein du 'cerveau social' en fonction des différents processus étudiés et d'identifier plus précisément les régions cérébrales mises en jeu dans différentes pathologies de la cognition sociale. Vient aussi en ligne de mire la possibilité d'observer deux cerveaux en interaction (hyperscanning)
- Nécessité d'une approche transverse entre différentes pathologies mentales: A partir du constat de l'existence de chevauchements phénotypiques entre différents troubles, étudier plus avant les fonctionnements cognitif et affectif caractéristiques de ces différents troubles, plutôt que les symptômes cliniques spécifiques à chacun, afin d'identifier des endophénotypes. L'identification d'endophénotypes devrait avoir une double

contribution : 1) de mieux comprendre les mécanismes qui sous-tendent les troubles mentaux et de contribuer à réduire l'intervalle entre les gènes et le comportement ; 2) d'améliorer l'efficacité des pratiques thérapeutiques en ciblant les approches sur des déficits spécifiques.

- Intégration nécessaire de recherches sur la pharmacologie, notamment celle des neurotransmetteurs, en relation avec la génétique

Les technologies informatiques fournissent des outils potentiels d'un grand intérêt : rôle de la robotique et des réalités virtuelles dans les recherches sur l'autisme par exemple. A l'inverse, la robotique fournit de nouveaux objets sur lesquels la cognition sociale peut porter son regard. On peut mentionner également le rôle de l'internet et du web dans les recherches sur les mécanismes de régulation à l'oeuvre au sein des collectifs (influences, recommandations,...) ; ces outils sont le support de dynamiques sociales nouvelles sur lesquelles la cognition sociale peut porter son regard

### *B. Questions sur la démarche expérimentale en cognition sociale*

Ces questions sont apparues de façon récurrente tout au long de l'atelier, et notamment :

- Les relations entre facteurs sociaux et facteurs cognitifs : variabilité / facteurs sociaux et culturels dans les comportements / formalisation éventuelle de ces facteurs dans les modèles statistiques / nécessité de passer la démarche expérimentale au crible de la variabilité sociale avant de proclamer l'existence d'universaux du comportement [Remarque : les recherches sur le langage ont évidemment pris ce facteur en compte dès le départ]
- La question de l'écologie des paradigmes expérimentaux , impliquant la nécessité de sortir du laboratoire pour aller vers une approche « anthropologique » (« ethnologique ») ; et donc la nécessité de définir de nouveaux paradigmes, de croiser approche de laboratoire et approche écologique
- Du coup se pose la question des « gros corpus », des suivis de situations d'interactions avec des approches écologiques non normatives, impliquant des masses de données considérables, et des outils de notation et d'analyse largement à développer

## **5. Des enjeux sociétaux**

Il en est apparu principalement de trois types

### *A. Cognition sociale et remédiation des maladies psychiatriques*

La recherche de processus psychiques unificateurs (endophénotypes, mise en relation de déficits psychiques avec des processus cognitifs plausibles) pourrait permettre des gains de compréhension des maladies psychiques. Le lien entre maladies psychiques et processus cognitifs peut permettre de proposer des éléments de thérapie comportementale

### *B. Cognition sociale et médiation technologique*

Deux secteurs ont été particulièrement mis en évidence, celui de la robotique et des agents virtuels interactifs (voir le panorama très complet dressé par Oudeyer) et celui des processus

de cognition collective médiatisée (réseaux sociaux, interaction médiatisée). Sans oublier les processus de re-documentarisation du monde (thème non présent lors de l'atelier), impliquant tout ce qui touche au document hypermédia, aux nouvelles formes de diffusion, de lecture/écriture et surtout de production documentaire et donc de savoir.

#### C. Cognition sociale et compréhension des phénomènes sociaux

Ces recherches doivent également permettre de mieux ancrer les phénomènes sociaux et culturels dans leur dimension cognitive, de mieux en comprendre les mécanismes et les dynamiques. A moyen terme elles devraient permettre de mieux comprendre les conséquences directes ou indirectes de mesures politiques ou économiques sur le comportement, mais également les perceptions et les appréciations des populations des mesures envisagées. Elles devraient également apporter un nouvel éclairage sur les changements sociaux (Chavalarias).

### 6. Des enjeux de politique scientifique (épistémologiques)

Derrière ces nouveaux enjeux, techniques, théoriques, méthodologiques, se logent des réarticulations (inter)disciplinaires telles que :

- entre psychologie cognitive et psychologie sociale
- entre sciences cognitives, génétique et psychiatrie
- entre économie et sciences cognitives
- entre sciences du langage et cognition individuelle et sociale
- entre robotique, neurosciences et sciences humaines et sociales
- entre sciences et technologies de l'information et de la cognition, psychologie cognitive et sociologie
- entre psychologie (cognitive et sociale), sciences du langage et anthropologie

Ces réarticulations participent de l'ensemble des croisements interdisciplinaires qui foncent l'essence même des sciences cognitives, et posent des questions de structuration de la recherche et de la formation en France, questions qui dépassent les contours de cet atelier, et sans doute (hélas ?) ceux du programme PIRSTEC lui-même.

## **Annexe 1. Programme détaillé**

### **Bases cognitives et cérébrales de la cognition sociale**

Fabrice Clément (Université de Genève), La sociologie cognitive

Laurence Kaufmann (Université de Lausanne), Au-delà de la théorie de l'esprit: une nouvelle approche de la cognition sociale

Emmanuel Dupoux (LSCP, Paris) , La cognition morale

Jean-Baptiste van der Henst (2L2C, Lyon), Dimensions culturelles de la cognition sociale

Sacha Bourgeois-Gironde (IJN, Paris), Economie expérimentale et neuroéconomie

### **Développement et pathologies de la cognition sociale**

Sylvie Berthoz (Inserm U669, IMM, Paris), Chevauchements phénotypiques entre anorexie mentale et troubles autistiques.

Christine Deruelle (INCM, Marseille) , Processus émotionnels et théorie de l'esprit: développement et troubles

Chloé Farrer (CerCo, Toulouse), Troubles de la cognition sociale dans la schizophrénie [absente]

Philippe Fossatti (UMR 7593, Salpêtrière, Paris), Dimensions intrapersonnelles et interpersonnelles des processus de représentation de soi dans la dépression

Jacqueline Nadel (UMR 7593, Salpêtrière, Paris), Les chemins développementaux de la cognition sociale : ses déviations dans l'autisme

### **Origines de la cognition sociale - perspectives développementales, comparatives et phylogénétiques; modélisation mathématique et robotique**

Pierre-Yves Oudeyer (INRIA Bordeaux – Sud-Ouest) , La robotique développementale et sociale

Guy Theraulaz (CRCA, Toulouse), Mécanismes de coordination des activités collectives chez les insectes sociaux [absent]

Bernard Victorri (Lattice, Paris), La phylogenèse du langage

Jean-Louis Dessalles (Telecom Paristech), Narration, argumentation et émergence de la communication humaine

### **Dispositifs techniques et outils de médiation de la cognition sociale**

Pascal Salembier (Tech-CICO, Toulouse), Contexte partagé et engagement technologique [absent]

Christian Licoppe (Institut Telecom, Paris), Communication, distribution de la connaissance et expertise: Le développement du genre "questions rapides" dans les organisations équipées de la messagerie instantanée.

John Stewart (COSTECH, Compiègne), Enaction, systèmes techniques et constitution des structures sociales

David Chavalarias (CREA, Paris), Cognition sociale et cognition collective

Gloria Origgi (IJN, Paris), L'épistémologie du web

## Annexe 2. Contributions écrites des participants

### Fabrice Clément

Professeur FNS

Département de sociologie - Université de Genève

Uni Mail, 40, Bd du Pont-d'Arve - CH- 1211 Genève 4

<http://www.fabriceclement.net> - [Fabrice.Clement@unige.ch](mailto:Fabrice.Clement@unige.ch)

#### La sociologie cognitive

Les sciences sociales en général, et la sociologie en particulier, sont très réfractaires à toute tentative de rapprocher, au sens fort du mot, leur discipline des sciences cognitives. Ces dernières sont accusées de réductionnisme, de n'accepter comme objets d'étude que ce qui peut se loger au sein des boîtes crâniennes, ignorant ainsi les institutions, les relations sociales ou les grammaires plus ou moins implicites qui règlent nos agissements quotidiens<sup>1</sup>.

Si ces réactions ne sont pas toujours sans fondement, il n'en reste pas moins que les sciences sociales, en se cantonnant dans un environnement et un système d'interrogation propres, fonctionnent en vase clos et risquent de ne plus participer à l'essor généralisé du savoir scientifique. Non seulement cet état de choses est dommageable pour les spécialistes des sciences sociales, qui se privent d'outils explicatifs fort intéressants, mais il représente également une perte pour les autres disciplines qui, faute de pouvoir communiquer avec les sciences sociales, se privent d'un éclairage pertinent sur leur démarche explicative.

Le type de sociologie cognitive que nous proposons vise à combler ce hiatus dommageable, enraciné dans la division fondatrice entre les sciences de la nature (Naturwissenschaften) et les sciences humaines (Geisteswissenschaften). L'entrée choisie est celle des *croyances*, et en particulier des croyances collectives. L'étude des croyances collectives revêtait une importance capitale pour la sociologie à ses origines. Durkheim, en particulier, qui cherchait à doter sa discipline d'objets d'étude spécifiques, comptait parmi les faits sociaux «les croyances et les pratiques de la vie religieuse, morale et juridique» qui «s'imposent normalement par la vénération qu'elles inspirent, par l'obligation où nous sentons de les respecter et pour le cas où nous nous révolterions, par la coercition qu'elles exercent sous forme de sanction» (Durkheim 1900, 13). Pareto, de son côté, attribuait à la sociologie l'étude des actions qui, en ne respectant pas la logique, ne donnent pas prises à l'analyse économique. Pour lui, le simple «fait de vivre dans une collectivité donne certaines idées dans l'esprit, certaines manières de penser et d'agir, certains préjugés, certaines croyances, qui subsistent ensuite et acquièrent une existence quasi-objective» (Pareto, 1968, §555). Pour Tarde, enfin, tous les phénomènes sociaux se «résolvent en croyances et en désirs» (Tarde 1895, 17) et la «société un groupe de gens qui présentent entre eux beaucoup de similitudes produites par imitation ou par contre-imitation» (Tarde 1999 [1893], 17).

Aujourd'hui, les sciences cognitives nous permettent de comprendre un peu mieux comment de telles représentations tenues pour vraies sont susceptibles de «s'installer» et de se perpétuer dans une population, constituant ainsi une *culture*. Une première étape consiste à délimiter soigneusement différents types de croyances collectives en les reliant aux processus psychologiques qui sous-tendent leur existence. Les croyances renvoient en fait des processus cognitifs de nature différente, ce qui nous amène à un «tableau des croyances» qui permet de spécifier différentes strates de représentations tenues pour vraies. Les attentes intuitives renvoient à des processus largement hérités biologiquement par lesquels notre cerveau produit des prédictions sur son environnement physique et social. Les schémas sociaux sont des

---

<sup>1</sup> Cf., par exemple, la pétition « Pétition "Les sciences sociales ne sont pas solubles dans les sciences cognitives» lancée en octobre 2008.

représentations implicites propres à la culture d'appartenance qui sont assimilés durant la socialisation. Les croyances personnelles sont des états mentaux qui peuvent être mobilisés consciemment et qui ont donné lieu à un assentiment explicite de la part du sujet. Les croyances représentationnelles renvoient à des propositions semi-comprises qui sont admises par les individus essentiellement parce qu'elles sont transmises par des sources dignes de confiance. Les croyances délibératives désignent les accords collectifs qui émergent lors de processus délibératifs. Enfin, les croyances endossées renvoient à des croyances qui sont normativement attachées à un certain positionnement social.

Cette classification des différentes manières de tenir pour vrai permet ainsi de constater que ce qui est habituellement qualifié de croyances collectives renvoie à quatre grands types de phénomènes fort distincts. Peuvent être qualifiés de collectifs, d'une part, les schémas que nous avons appelés sociaux; ceux-ci renvoient à l'incorporation de manières de voir et concevoir qui sont partagées par les membres d'un groupe social sous une forme largement tacite. Les croyances représentationnelles sont collectives puisqu'elles s'imposent aux individus «du dehors»: elles sont constituées par des propositions, symboles, activités dont la diffusion repose le plus souvent sur des personnes dignes de confiance, ou sur des institutions sociales (dont les trois "E": Eglise, Ecole, Etat). Les croyances délibératives sont collectives en vertu du fait qu'elles émergent au cours d'une dynamique de groupe. Enfin, les croyances endossées possèdent une dimension collective dans le sens où leur contenu varie en fonction du statut social qui est assigné, hic et nunc, au sujet épistémique.

Deux types de croyances collectives retiennent particulièrement notre attention : les croyances représentationnelles et les schémas sociaux. Afin de rendre compte empiriquement de la manière dont les croyances représentationnelles se transmettent, les recherches menées en psychologie du développement sur le témoignage sont particulièrement pertinentes (Clément, Koenig & Harris 2004 ; Koenig, Clément & Harris 2004 ; Koenig & Harris 2005 ; Clément 2009). Il s'agit d'étudier systématiquement la manière dont les enfants (et par extension les adultes) attribuent leur confiance à des sources d'information en fonction de certaines propriétés de ces dernières (familiarité, compétence, statut social, émotions exprimées, etc.). Cette démarche peut ainsi recruter les éléments mis en évidence par la «sociologie naïve» afin de comprendre comment les enfants utilisent ces informations lorsqu'ils ont à décider de la source à qui ils vont attribuer leur confiance.

Par contre, l'étude empirique des processus de constitution des schémas sociaux est plus difficile à inscrire dans un format expérimental puisqu'il s'agit dans ce cas de «cadrages» largement tacites. Nous proposons une étude observationnelle fine des interactions entre parents et enfants lors d'interactions quotidiennes. L'objectif est de mettre en évidence la manière dont les parents transmettent, par des expressions faciales, des modifications du ton de leur voix, des insistances ou des ignorances, une certaine forme de pertinence sociale : qu'est-ce qui est jugé digne d'importance, valorisé, détaché par l'activité des parents d'autres éléments de la vie quotidienne qui passent «en arrière-plan» ?

Laurence Kaufmann

Professeure ordinaire - Faculté des Sciences Sociales et Politiques

Bureau 3086, Anthropole

Université de Lausanne - 1015 Lausanne, Suisse

Tél: ++41216923218

<https://applicationspub.unil.ch/interpub/noauth/php/Un/UnPers.php?menu=coord&PerNum=871282&LanCode=37> , [Laurence.Kaufmann@unil.ch](mailto:Laurence.Kaufmann@unil.ch)

### **Beyond theory of mind: a new approach of social cognition**

(en collaboration avec Fabrice Clément)

#### *1. A twofold model of social cognition*

Contemporary research on the cognitive processes required to monitor, control, and predict the actual or imagined behaviors of others is largely dominated by the Theory of Mind paradigm. In this project, we call into question the widespread idea that social cognition is reducible to the ability to read the minds and thoughts of others. Our counter-hypothesis is that certain enduring social properties of our past environment, in particular group memberships, rules, relationships and hierarchical status, have favored the emergence of dedicated inferential mechanisms.

We indeed hypothesize that social primates, human or non-human, make their social environment predictable by grasping exclusively-social «entities» that enable them to recognize the conceptual 'likekindness' of multiple, apparently heterogenous behavior: basic relational «formats» (cooperation, dominance, kinship, competition) (Cheney & Seyfarth 1990, Cosmides et al. 2003), patterns of actions (fighting, sharing, reconciling, playing) (de Waal & Filippo 1996), situations (food gathering, political struggles) (Kaufmann & Clément 2003), and obligations and prescriptive rules (Flack et al. 2004). Rather than assimilating those complex cognitive capacities to the partial, shaky, and rudimentary knowledge of others' mental states, that primates, as «goods psychologists» (Cheney and Seyfarth, 2007: 15), would master, one could assume that primates are rather good *sociologists*. Social relationships, patterns of action and deontic rules allow them to bypass the local, partial uncertainty of individual actions to predict other's behaviors.

Those conceptual, exclusively-social «entities», although abstract and theory-driven, are not as deep below the surface of behavior as psychological variables are. They are observable, impersonal «gestalts» that have the status of *social affordances*, that is, shared, public opportunities for perception and action whose cognitive processing necessarily differs from the mentalistic processing of internal, hidden, and unobservable properties of minds (Gibson, 1979; Good, 2007). When seeing, for example, a smiling person lifting a piece of bread toward someone else, competent social perceivers can quickly infer, in an almost perceptive way, that this person is offering food. To identify this social exchange, there is no need to call on a theory of mind that would provide particular insights into the giver or receiver's mind (e.g. she desires that her friend eats some bread and she believes that this bread is good). In other words, action understanding, which is the cornerstone of this view of social cognition, does not necessarily involve mindreading. A «teleological» reasoning, based on the salient cues of orientedness (e.g. corporal posture, gaze direction, situational affordances) and the expectations that those cues trigger about a future state of affairs is fully sufficient (Csibra & Gergely, 1998). The third person standpoint enables social perceivers to identify the goals of their conspecifics and anticipate their behaviors without «entering their minds».

That is why we propose a twofold conception of social cognition, which would be characterized by two kinds of complementary stances (Kaufmann & Clément, 2009). The first stance, that we propose to call the *attentional stance*, allows social perceivers to infer from attentional cues, such as facial expression, gaze, and body posture, others' basic goals

and motivations, to conceal information from others and to participate in goal-directed joint attention to salient, present objects. Thanks to this attentional stance, human and non-human primates understand what their conspecifics are doing, prioritize inputs according to their degree of relevance, and use impersonal commonalities to determine their own behaviors as well as to anticipate what others will do. Support for this attentional view of social cognition is provided, so to speak negatively, by the heavy social impairments that *attentional deficits* of people with autism generate (Frith & Frith, 2000, Happé, 2000, Klin et al., 2004). Apart from their well-known difficulty in construing the conducts of others as a window for reading their minds, people with autism are indeed mostly unable to engage in the top-down, concept-based detection of social saliencies and the binding of social information that is synonymous with social fluency.

In addition to this ape-like attentional stance, which is guided by the saliency of information laid out in the environment and can only respond, as such, to the *here-and-now* of the perceptual-motivational features of incentive stimuli, the human social mind would be characterized by *the intentional stance* proper to theory of mind users (Dennett, 1987). Whereas the attentional stance enables only the coordination of attentions, the intentional stance renders possible the meeting of representations, even at a distance. By definition, this meeting of representations, more commonly called joint attention and shared intentionality, involves the coordination, if not the communion, of minds that can give rise to more abstract parts of culture (Tomasello et al., 2005).

Last but not least, we argue that the *attentional stance* that characterizes naïve sociology is logically, ontogenetically and phylogenetically prior to the intentional stance of naïve psychology. So our hypothesis is that the third-person inquiry into others' behaviors is a two-step inquiry – an inquiry, however, whose first step can be completely sufficient given the logical priority and anteriority of naïve sociology over naïve psychology. Naïve sociology generates inferences and expectations that do not take into account the subtle variation in the situation or the particular mental states of rule- or role-holders; it is primarily concerned with what others do or will do, and is dedicated to public, impersonal social entities that guarantee the overall stability and predictability of many-to-many interactions. In contrast, psychological processing is triggered by individual non-compliance and unexpected social outcomes. It is primarily concerned with what others believe, is dedicated to hidden, opaque mental states, and is used to make sense of the fluctuations, and partial indeterminacy, of one-to-one interaction. So one of the main functions of naïve psychology is to remedy deontic and epistemic *discrepancies*, that is, puzzling breaches in ordinary expectancies. But most of the time, naïve sociology is sufficient to predict, anticipate, and expect what constitutes appropriate behavior for any member of a given community.

## 2. Further research

Of course, this model requires evidence for the bifurcation of two modes of social information processing. First of all, a lot of further research is needed to definitely establish naïve sociology as a domain of its own and to determine more precisely which non-mentalistic primitives furnish the social world. But the cognitive salience of these social entities has still to be experimentally tested (Clément & Kaufmann, submitted). Second, this model needs empirical support for a lean, parsimonious interpretation of the cognitive abilities required by *action understanding*. Research in neurosciences could help to pull apart action perception and prediction and mentalizing by pinpointing the different brain areas they involve (Pelphrey et al., 2003; Saxe et al., 2004). Third, fMRI studies might support our hypothesis according to which mentalizing arises from prediction discrepancies. When subjects perceive a mismatch discrepancy between what they expected and what actually happened, there are new brain activations in the area mainly devoted to mindreading, in this case the orbito-frontal

cortex and the temporo-parietal junction (Downar et al., 2001; Grèzes et al., 2004). The kind of additional brain activity intervening when an observer's prediction is violated compared with the situation in which the observer's predictions were met will probably prove critical to our attempt to separate two modes of social information processing, one dealing with prediction-consistent rule conformity, the other one with mentalizing-triggering expectation violation.

## Economie expérimentale et neuroéconomie.

*par Sacha Bourgeois-Gironde*

Institut Jean Nicod - UMR 8129, EHESS, ENS, CNRS  
Ecole Normale Supérieure - 29, rue d'Ulm - 75005 Paris  
<http://www.institutnicod.org/> - [sbgironde@gmail.com](mailto:sbgironde@gmail.com)

- Comment situeriez-vous vos recherches propres par rapport au champ général de la cognition sociale?

L'économie expérimentale a fusionné partiellement avec la cognition sociale à travers la théorie des jeux comportementale. Cette dernière propose des modèles de comportements sociaux particulièrement pertinents pour l'économie (choix éducatifs, répartition des revenus, etc.) et intègre, réciproquement, des paramètres psychologiques et sociaux dans ses propres modèles.

Mes recherches actuelles portent sur l'émergence des comportements et de la conceptualisation économiques.

Il est important de préciser que bien qu'une partie de mes travaux puissent tomber sous le label de « neuroéconomie » (à savoir l'étude des corrélats neuronaux des décisions économiques), je ne tiens pas spécialement à ce label pour deux raisons.

- i) Le terme « neuroéconomie » a permis de lancer un programme d'hybridation entre neurosciences et économie comportementale, relativement fructueux ces dernières années, mais il n'est plus possible aujourd'hui de parler d'un champ unifié. Les programmes de recherche sont divers et des questions ont été spécifiées dans une relative indépendance les unes des autres.
- ii) Certains de mes travaux qui servent actuellement à structurer mon programme de recherche portent davantage sur les représentations qui sous-tendent les comportements économiques que sur les comportements économiques eux-mêmes. Il y a un lien avec la neuroéconomie telle qu'elle est généralement conçue, mais il vaudrait mieux, à mon avis, inscrire certains travaux de neuroéconomie dans une perspective plus générale de type évolutionnaire (comment les représentations et les comportements économiques ont émergé), car l'imagerie cérébrale, au même titre que d'autres modes d'investigation et approches expérimentales, peut contribuer à répondre à ce genre de questions.

- Quels sont les principaux résultats de vos recherches (et de celles de votre équipe) de ces dernières années dans le domaine de la cognition sociale?

La mise en évidence de bases neuronales de la catégorisation de stimuli en termes de monnaie/non monnaie, en collaboration avec Catherine Tallon-Baudry.

La mise en perspective de ces données en imagerie cérébrale dans une hypothèse portant sur l'émergence et la nature de la monnaie.

- Quels sont actuellement vos programmes et projets de recherche dans ce domaine, les cadres théoriques et les méthodologies que vous utilisez, les collaborations interdisciplinaires dans lesquelles vous êtes, le cas échéant, engagés?

Mon programme de recherche, au niveau fondamental et non pas appliqué ici, se structure autour d'un ensemble de questions évolutives.

- Elargissement de la thèse du recyclage culturel (Dehaene & Cohen 2008) au cas la monnaie. (avec Catherine Tallon-Baudry). [Investigations comportementales et imagerie cérébrale].
- Etudes des représentations naïves de la causalité en économie et de l'ontologie naïve des mécanismes macroéconomiques. [+ Approches développementales et interculturelles (avec David Leiser)].
- Etudes des processus émotionnels permettant l'optimisation des décisions économiques. [Etudes expérimentales avec des patients cérébro-lésés (service de Lionel Naccache) et cliniques (service d'Andreas Hartmann) au CH-La Salpêtrière].

Mon problème général est de parvenir à cerner les mécanismes qui ont été mis en œuvre par le cerveau en vue de l'adaptation à un environnement économique complexe et mouvant qui est récent du point de vue de l'évolution. En puisant des ressources dans des fonctions anciennement ancrées d'un point de vue neurobiologique, les mécanismes cérébraux dédiés au traitement des stimuli économiques nouveaux héritent de certaines contraintes fonctionnelles inhérentes aux fonctions anciennes. L'étude de ces mécanismes de réadaptation permet peut-être de comprendre certains traits caractéristiques ainsi que certaines anomalies du comportement et de la conceptualisation économiques.

- Quels sont, selon vous, les enjeux sociétaux de vos recherches sur la cognition sociale? Ont-elles déjà eu des retombées applicatives ou sont-elles susceptibles d'en avoir à court ou moyen terme dans les domaines de la santé, de l'éducation, de l'industrie, etc.?

On peut envisager des retombées cliniques concernant les travaux sur la catégorisation de la monnaie. Via une approche clinique des attitudes et des comportements dysfonctionnels vis-à-vis de l'argent en relation avec d'autres troubles du comportement (notamment les troubles du comportement alimentaire).

Mes premières études sur la conceptualisation naïve des mécanismes macroéconomiques (notamment dans leur dimension interculturelle) ont des implications possibles sur la perception de la crise financière, et la préparation de l'opinion au type de solutions qui peuvent être proposées.

- Comment situeriez-vous ces recherches dans le contexte international? Quels sont selon vous les centres de recherche de référence dans le domaine en France, en Europe et dans le monde? Quelles sont selon vous les points forts et les éventuelles faiblesses de la recherche française?

La neuroéconomie est développée dans de nombreux centres de recherche à travers le monde. En France il y a une assez bonne hybridation de l'économie comportementale et des neurosciences à Lyon, Marseille et Paris. Mais c'est encore assez préliminaire. A mon avis il ne faut pas chercher à pousser plus avant dans le sens d'un laboratoire général de neuroéconomie, car cette appellation recoupe des programmes trop variés qu'il n'y aurait pas de sens à regrouper artificiellement. De plus, si on cherchait à le faire, on aurait presque fatalement un temps de retard sur le Caltech ou Zurich qui sont actuellement les centres les plus en pointe. L'idée serait différemment de développer un ou deux axes de recherche sur laquelle des chercheurs français – en collaboration ciblée avec des pôles d'excellence en Europe et dans le reste du monde – feraient la différence.

De telles possibilités me paraissent exister sur les axes suivants :

- Préoccupations évolutionnaires en économie et en psychologie économie – qui inclut entre autres les méthodes d'investigation en imagerie cérébrale.
  - Problèmes de coordination, coopération et organisation sociale (avec quelques économistes spécialisés sur ces questions, notamment en théorie de contrats, l'axe étant porteur et n'étant pas spécifiquement développé dans des centres étrangers).
- Pouvez-vous indiquer cinq questions ouvertes sur lesquelles des avancées significatives peuvent être attendues au cours des prochaines années?
1. L'émergence des concepts économique de base : monnaie, salaire, contrats, etc.
  2. Une théorie des anomalies comportementales formulées à partir de l'hypothèse du recyclage culturel des aires corticales. Les travaux importants des trente dernières années sur les biais et les anomalies en psychologie de la décision (Kahneman et Tversky) ou en économie comportementale (Thaler) manque d'un ancrage dans une perspective évolutionnaire, ce qu'a pointé Gigerenzer sans en développer un précisement.
  3. L'analyse des limites de notre compréhension des mécanismes macroéconomiques.
  4. L'enrichissement des données cliniques à l'aide de protocoles expérimentaux issues de l'économie pouvant étayer l'hypothèse du caractère adaptatif de certains troubles pathologiques neuro-psychiatriques.

- Y a-t-il des programmes de recherche et appels d'offre nationaux ou internationaux, dans lesquels ces recherches s'inscriraient naturellement ?

ANR, Human Frontier Science Program.

Jean-Baptiste van der Henst

Laboratoire Langage, Cognition, Cerveau, (L2C2), CNRS UMR 5230

Institut des sciences cognitives, 67, Bd Pinel - 69500 Lyon

[vanderhenst@isc.cnrs.fr](mailto:vanderhenst@isc.cnrs.fr)

### Psychologie interculturelle et cognition sociale

Pendant la période 2003-2007, la revue la plus influente dans le domaine de la cognition sociale, le *Journal of Personality and Social Psychology*, a publié 698 études empiriques avec 721 échantillons de participants (Arnett, 2008). Plus de 95% des auteurs appartenaient à des universités européennes, australiennes ou nord-américaines (la très grande majorité) et 93% des participants étaient issus de ces mêmes universités. Si l'on regarde plus en détail l'origine de ces participants on constate que 70 à 80% d'entre eux étaient étudiants en premier cycle de psychologie ! Pour que cette revue prestigieuse soit plus fidèle à la population qu'elle étudie ne faudrait-il pas la rebaptiser en *Journal of the Personality and Social Psychology of American Undergraduate Introductory Psychology Students* (Arnett, 2008)? Cette question vaut évidemment pour la plupart des revues empiriques et bien au-delà de la cognition sociale.

Ce constat soulève le problème de la non représentativité des travaux en psychologie expérimentale car les conclusions qui en résultent ne se limitent pas aux populations utilisées. A partir de résultats obtenus avec les étudiants sous-gradués on tire des conclusions sur l'espèce humaine. On tient donc l'universalisme pour acquis sans guère se préoccuper de la possible variabilité entre les diverses populations du monde. Cela ne poserait pas de difficulté si bien sûr la variabilité était absente ou cela poserait une difficulté mineure si l'on pouvait affirmer que la population occidentale des étudiants en psychologie se situait au milieu de la distribution. Or on sait que les conditions de vie du monde occidental industrialisé sont assez peu représentatives de celles de la population mondiale. Qu'il s'agisse des revenus, de l'accès à l'éducation, à la santé, ou encore de la vie de famille, le mode de vie occidental est très singulier. On peut alors se demander si cette singularité est susceptible d'affecter les mécanismes psychologiques. La psychologie scientifique ne serait-elle rien d'autre que la psychologie des gens bizarres (WEIRD people : Western, Educated, Industrialized, Rich, and Democratic, Henrich, Heine et Norenzayan soumis) ?

A cet égard, les données empiriques obtenues avec l'illusion de Muller-Lyer sont exemplaires. D'une part elles révèlent que des populations comme les San, des chasseurs-cueilleurs du Kalahari, ne sont pas sensibles à l'illusion et d'autre part elles révèlent que les Américains y succombent plus que les autres (Segall et al., 1966). Dans le domaine de la cognition sociale des études interculturelles ont remis en cause certaines explications évolutionnistes trop hâtives du comportement de l'homo oeconomicus. Prenons le cas du « jeu de l'ultimatum ». Dans ce jeu économique l'un des deux protagonistes reçoit une somme d'argent qu'il doit partager avec l'autre. Ce dernier est libre de refuser l'offre et s'il la refuse, aucun des deux joueurs ne reçoit la moindre somme. Le modèle rationnel prédit que le joueur qui propose devrait faire une offre minimale et supérieure à 0 et que le joueur qui la reçoit devrait l'accepter. Mais les résultats montrent que l'équité domine la raison : les joueurs proposent en général des offres situées entre 40 et 50% des sommes qui leur sont attribuées et leurs partenaires refusent en général les offres inférieures à 30%. Pour expliquer ces résultats certains ont proposé des modèles évolutionnistes fondés sur la préservation de la réputation : l'acceptation d'offres trop faibles met en péril la réputation et augmente ainsi la possibilité de recevoir des offres plus faibles dans le futur. Le rejet d'offres trop faibles est certainement coûteux mais il est compensé par un gain réputationnel (Nowak et al., 2000). Mais les résultats indiqués plus haut n'ont été acquis qu'auprès de participants occidentaux. Dans une étude de grande ampleur menée auprès de populations très variées Henrich et al. (2005)

observent que la tendance à l'équité dans ce jeu économique est loin d'être universelle et qu'elle constitue presque un cas atypique. Dans un autre domaine touchant à la compétence considérée jusqu'à maintenant comme la plus centrale de la cognition sociale, à savoir *la théorie de l'esprit*, des différences ont également été observées. Certes il ne convient pas d'affirmer que ce mécanisme est absent chez les individus de certaines sociétés humaines mais il semble que son déclenchement varie selon les cultures. Wu et Keysar (2007) ont ainsi pu observer que les Américains et les Chinois n'avaient pas la même aisance plus dans la considération de la perspective d'autrui (perspective taking). Dans cette expérience les participants jouaient un jeu de communication avec un complice de l'expérimentateur qui leur demandait de manipuler des objets. Parmi ces objets certains étaient visibles par les deux parties et d'autres seulement par le participant. Et dans certaines situations le participant voyait deux objets identiques, l'objet A et l'objet B, alors que le complice n'en voyait qu'un, l'objet A. Lorsque le complice demandait de manipuler l'objet A le sujet risquait donc d'être perturbé par l'objet B. Les Américains furent plus souvent perturbés par la présence de l'objet compétiteur B que les Chinois et prirent moins en compte la perspective du complice.

Ces études montrent l'intérêt qu'il y a à élargir l'étendue de la population que l'on choisit. Acquérir des bases de données issues de populations variées permet d'identifier les différences et les similarités dans le fonctionnement des mécanismes cognitifs, qu'ils relèvent ou non de la cognition sociale. Le recours à la psychologie interculturelle permet d'éviter le risque de surinterprétation consistant à confondre des universaux avec des manifestations culturelles particulières. Plus spécifiquement il permet de mieux distinguer des hypothèses évolutionnistes concurrentes. Il permet aussi de mieux comprendre les relations entre les mécanismes cognitifs et l'environnement dans lequel ils se développent. Par exemple, dans l'étude interculturelle sur le jeu de l'ultimatum, c'est l'omniprésence du marché qui explique, selon les auteurs, la tendance à l'équité dans le monde occidental. Pour Wu et Keysar, c'est la dimension individualiste ou collectiviste de la culture, qui modifierait le degré d'attention que l'on porte à autrui et la prise en compte de la perspective.

Mais les études interculturelles permettent également de tempérer les tentations trop relativistes. Par exemple dans mes propres travaux interculturels (Van der Henst et al. 2006 ; Mercier et al. soumis) nous avons remis en cause certaines conclusions relativistes sur la façon dont on traite des points de vue contradictoires. Le programme de recherche le plus influent dans le domaine de psychologie interculturelle émane de Richard Nisbett (Nisbett et al., 2001) et porte sur la distinction entre le mode de pensée asiatique (holistique et dialectique) et le mode de pensée occidentale (analytique). Pour Nisbett et ses collaborateurs les asiatiques (Chinois, Japonais, Koréens) ont plus tendance que les occidentaux à considérer que des points de vue contradictoires peuvent chacun avoir une part de vérité alors que les occidentaux ont tendance à éliminer la contradiction en attribuant toute la vérité à l'un des deux points de vue. Certaines expériences montrent en effet que les Chinois confrontés, comme tiers, à des situations de contradictions sociales sont plus enclins à proposer la voie du compromis que les Américains (Peng & Nisbett, 1999). Mais les résultats obtenus pourraient être expliqués, non par des différences dans la pensée dialectique, mais plutôt par le type de contenu utilisé. Par ailleurs nous avons pu observer que lorsque les participants ne jouent pas le rôle de tiers, mais qu'ils font l'expérience directe d'un point de vue qui contredit leur position les différences interculturelles disparaissent. Dans les expériences que j'ai menées les participants japonais, chinois et français montraient le même niveau de biais égocentrique.

De façon générale, il ressort que la réalisation d'expériences dans des populations variées est essentielle pour identifier les universaux psychologiques et pour comprendre l'interaction des mécanismes cognitifs avec l'environnement. Au niveau international, la psychologie interculturelle a largement été ignorée jusqu'à la fin des années 90 mais elle connaît depuis 10 ans un développement croissant. En France, elle est encore quasiment inexistante. Pourtant la France, de part ses Instituts de Recherche Français à l'Etranger (qui ont bien souvent le statut

d'UMS et qui sont donc au service des chercheurs, voir la liste plus bas) ainsi que sa représentation diplomatique (consulats et ambassades), souvent très intéressée par les questions scientifiques (j'en ai notamment fait l'expérience à Shanghai), possède des atouts essentiels pour mener à bien de telles recherches.

## Bibliographie

- Arnett, J. (2008) The neglected 95%: Why American psychology needs to become less American. *American Psychologist* 63: 602-614.
- Henrich, J., Heine, S., and A. Norenzayan (soumis). The Weirdest People in the World.
- Henrich, J., Boyd, R., Bowles, S., Camerer, C., Fehr, E., Gintis, H., McElreath, R., Alvard, M., Barr, A., Ensminger, J., Henrich, N., Hill, K., Gil-White, F., Gurven, M., Marlowe, F. W., Patton, J. Q. & Tracer, D. (2005) 'Economic Man' in Cross-cultural Perspective: Behavioral Experiments in 15 Small-Scale Societies. *Behavioral & Brain Sciences* 28: 795-815.
- Nisbett, R. E., Peng, K., Choi, I. & Norenzayan, A. (2001) Culture and systems of thought: Holistic versus analytic cognition. *Psychological Review* 108: 291-310.
- Nowak, M. A., Page, K. M. & Sigmund, K. (2000) Fairness versus reason in the Ultimatum Game. *Science* 289(5485): 1773-1775.
- Peng, K. & Nisbett, R. E. (1999) Culture, dialectics, and reasoning about contradiction. *American Psychologist* 54(9): 741-754.
- Segall, M., Campbell, D. & Herskovits, M. J. (1966) *The Influence of Culture on Visual Perception*, The Bobbs-Merrill Company.
- Van der Henst, J-B, Mercier, H., Yama, H., Kawasaki, Y., & Adachi, K (2006). Dealing with contradiction in a communicative context. *Intercultural Pragmatics*, 487-502.
- Mercier, H., Van der Henst, J-B, Yama, H., Kawasaki, Y., & Adachi, K (soumis). Strategies for taking advice into account: a cross-cultural study.
- Wu, S. & Keysar, B. (2007) Cultural effects on perspective taking. *Psychological Science* 18: 600-606.

## LISTE DES INSTITUTS FRANÇAIS DE RECHERCHE A L'ETRANGER

CFEE	-	Addis	Abeba
Centre	Français	des	Etudes
<a href="http://www.cfee-fces.org">http://www.cfee-fces.org</a>			Ethiopiennes
CEMCA	-		Mexico
Centre	d'Etudes	Mexicaines	et
<a href="http://www.cemca.org.mx">http://www.cemca.org.mx</a>			Centre-Américaines
IRASEC	-		Bangkok
Institut	de	Recherche	sur
<a href="http://www.irasec.com">http://www.irasec.com</a>			l'Asie
			du
			Sud-Est
			Contemporaine
CFRSSH	-		Moscou
Centre	Franco-Russe	de	Recherches
<a href="http://www.obsmoscou.net">http://www.obsmoscou.net</a>			en
			Sciences
			Humaines
			et
			Sociales
			de
			Moscou
CMB	-		Berlin
Centre		Marc	Bloch
<a href="http://www.cmb.hu-berlin.de">http://www.cmb.hu-berlin.de</a>			

IFRA Institut	Français	de	-	Recherche	en	Nairobi Afrique
<a href="http://www.ifra-nairobi.net">http://www.ifra-nairobi.net</a>						
IFPO Institut	-	Français	Amman,	Beyrouth,		Damas Proche-Orient
<a href="http://www.ifporient.org">http://www.ifporient.org</a>			du			
CSH Centre	-	de		New Sciences		Delhi Humaines
<a href="http://www.csh-delhi.com">http://www.csh-delhi.com</a>						
MHFA Mission	Historique		-	Française	en	Göttingen Allemagne
<a href="http://www.mhfa.mpg.de">http://www.mhfa.mpg.de</a>						
MFO Maison			-	Française		Oxford d'Oxford
<a href="http://www.mfo.ac.uk">http://www.mfo.ac.uk</a>						
CEFC Centre	d'Etudes	Français	-	sur	la	Hong-Kong contemporaine
<a href="http://www.cefc.com.hk">http://www.cefc.com.hk</a>					Chine	
IFRA Institut	Français	de	-	Recherche	en	Ibadan Afrique
<a href="http://ifra-ng.org">http://ifra-ng.org</a>						
CEFRES Centre	Français	de	-	Recherche	en	Prague Sociales
<a href="http://www.cefres.cz">http://www.cefres.cz</a>					Sciences	
IFEA Institut		Français	-	d'Etudes		Istanbul Anatoliennes
<a href="http://www.ifea-istanbul.net">http://www.ifea-istanbul.net</a>						
CJB Centre			-	Jacques		Rabat Berque
<a href="http://www.ambafrance-ma.org/cjb/">http://www.ambafrance-ma.org/cjb/</a>						
CFRJ- Centre	Français	de	-	Recherche	de	Jérusalem Jérusalem
<a href="http://www.angelfire.com">http://www.angelfire.com</a>						
CEFAS Centre	Français	d'Archéologie	-	et	de	Sciences Sociales
<a href="http://www.cefasc.com.ye">http://www.cefasc.com.ye</a>						de Sanaa Sanaa
IFAS Institut	Français		-	d'Afrique	du	Johannesburg Sud
<a href="http://www.ifas.org.za">http://www.ifas.org.za</a>						
IFEAC Institut	Français	d'Etude	-	sur	l'Asie	Tachkent Centrale
<a href="http://www.ifeac.org">http://www.ifeac.org</a>						

DAFA Délégation <a href="http://www.dafa.org.af">http://www.dafa.org.af</a>	Archéologique	-	Française	en			Kaboul Afghanistan
IFRI Institut <a href="http://www.ifriran.org">http://www.ifriran.org</a>	Français	de	-	Recherche	en		Téhéran Iran
SFDAS Section <a href="http://www.sfdas.com">http://www.sfdas.com</a>	Française	de	la	Direction	des	Antiquités	du Khartoum Soudan
MFJ Maison <a href="http://www.mfj.gr.jp">http://www.mfj.gr.jp</a>			-	Franco			Tokyo Japonaise
CEDEJ Centre <a href="http://www.cedej.org.eg">http://www.cedej.org.eg</a>	d'Etudes	et	de	Documentation	Le	Economique, Juridique	et Caire Sociale
IRMC Institut <a href="http://www.irmcmaghreb.org">http://www.irmcmaghreb.org</a>	de	Recherche	sur	-	le	Maghreb	Tunis Contemporain
IFEA Institut <a href="http://www.ifeanet.org">http://www.ifeanet.org</a>		Français	-		d'Etudes		Lima Andines

## Sylvie Berthoz

Inserm U669, Sce Psychiatrie, IMM - "Paris Sud Innovation Group in Adolescent Mental Health

Maison de Solenn, 97 Boulevard de Port Royal - 75679 Paris cedex 14, France

<http://sites.google.com/site/berthozsylvie/> - [sylvie.berthoz@imm.fr](mailto:sylvie.berthoz@imm.fr)

### Chevauchement Phénotypique entre Anorexie Mentale et Troubles Autistiques

A l'occasion du 50ème anniversaire de la découverte de la structure de l'ADN par Watson et al., Gottesman & Gould ont publié un article (dans une des meilleures revue internationale de psychiatrie) présentant pourquoi, selon eux, la génétique a jusque là offert peu d'avancées dans la compréhension et la prise en charge des troubles psychiatriques (Gottesman & Gould, 2003). Un des freins majeurs, selon eux, serait attribuable aux systèmes de classification utilisés (i.e. de type DSM ou CIM) qui décrivent des troubles fortement hétérogènes. Dans leur article, ces auteurs exposent pourquoi les phénotypes (comportements syndromiques) ne permettent pas une 'dissection génétique' des troubles psychiatriques, et comment le concept d'endophénotype aide à fournir des modèles étiologiques utilisables pour la recherche génétique. Gottesman & Gould ont repris le terme d'endophénotype de biologistes spécialistes des insectes qui avaient distingué le phénotype 'apparent, évident ou externe' (ou exophénotype), d'un phénotype 'microscopique ou interne' (ou endophénotype). Ils le définissent comme un marqueur 'non visible à l'œil nu ... qui marquerait le chemin entre le génotype et le comportement'. Les endophénotypes (neurophysiologiques, biochimiques, endocrinologiques, neuroanatomiques, neuropsychologiques ou cognitifs) constitueraient des indices plus élémentaires des substrats génétiques impliqués dans la pathologie que ne l'est le syndrome clinique proprement dit.

Comme le soulignent Gottesman & Gould, bien que ce concept ait été introduit en psychopathologie au début des années 70, et malgré les perspectives génétiques prometteuses qu'il semblait offrir, il est resté 'en sommeil' pendant 30 ans.

Actuellement, plusieurs auteurs s'accordent à dire qu'une limite dans l'étude de la physiopathologie des troubles psychiatriques est liée à leur hétérogénéité phénotypique. De plus, à la lumière des résultats obtenus dans le domaine des neurosciences des affects montrant que les troubles comorbides partagent des substrats biologiques communs, la pertinence de la classification syndromique des troubles mentaux est de plus en plus discutée. Ainsi, une nouvelle littérature émerge et souligne que la prise en compte des principales comorbidités existant entre certains troubles favoriserait l'identification d'endophénotypes (Abou-Saleh 2006; Mitterschiffthaler et al. 2006; Pearlson & Calhoun 2007). En accord avec Gottesman & Gould, cette littérature suggère que, plutôt que de se baser sur les phénotypes cliniques de chaque trouble, qui ne sont que peu informatifs (car très hétérogènes et état-dépendants), l'approche par endophénotypes permettrait de décomposer les troubles en sous-ensembles de dimensions/traits et d'établir des liens entre les gènes et le comportement.

En conséquence, à partir de la confrontation de ces articles, on peut faire l'hypothèse qu'il existe des endophénotypes cognitivo-affectifs communs entre des troubles ayant une forte comorbidité et des modalités de contrôle émotionnel analogues.

En ce qui concerne les troubles du comportement alimentaire, des cliniciens chercheurs Anglais de l'Institut de Psychiatrie (Londres) ont très récemment proposé un modèle dans lequel l'éventualité d'une continuité et d'un partage d'endophénotypes entre les troubles du comportement alimentaire et les troubles dits du développement est proposée (Schmidt & Treasure 2006; Treasure 2007; Treasure et al. 2007).

A partir du constat de l'existence de chevauchements phénotypiques entre les troubles du spectre autistique, de l'anorexie mentale (AM) et des troubles obsessionnels compulsifs (TOC), ce

nouveau modèle suggère d'étudier plus avant les fonctionnements cognitif et affectif caractéristiques de ces différents troubles, plutôt que les symptômes cliniques spécifiques à chacun.

Notamment, il semblerait qu'il existe au moins quatre modalités de fonctionnement cognitivo-affectif communes (ou quatre endophénotypes communs) entre l'AM et les troubles du spectre autistique (notamment le Syndrome d'Asperger) : 1) le manque de flexibilité cognitive ; 2) la focalisation attentionnelle sur les détails et la méticulosité ; 3) les rituels et comportements stéréotypés ; 4) les difficultés relationnelles et l'évitement émotionnel.

A ce jour, on dispose de deux corpus de données sur ces aspects qui évoluent en parallèle dans les troubles autistiques et l'AM. A notre connaissance, seule l'équipe Suédoise de Gillberg et al. a établi expérimentalement un rapprochement entre ces deux types de troubles, à partir de l'analyse des performances cognitives d'un sous-groupe d'anorexiques présentant des caractéristiques des troubles autistiques. Cette même équipe vient de mettre en évidence qu'un mauvais pronostic de devenir dans l'AM est prédit notamment par la présence de traits autistiques. Néanmoins, aucune étude comparative sur les comportements ou processus cognitivo-affectifs impliqués dans ces deux troubles permettant d'étayer expérimentalement ces hypothèses n'a été menée à ce jour. De plus, aucune étude n'a jusqu'à présent testé dans quelle mesure ce mode de fonctionnement concerne aussi bien le sous-type restrictif que celui anorexique-boulimique.

Par ailleurs, tandis que les troubles de l'alimentation sont majeurs dans les troubles du développement, et bien qu'il ait été proposé qu'un mécanisme central commun puisse influencer à la fois la structuration de la personnalité et la régulation de l'appétit, cette question n'a jamais été explorée expérimentalement.

Nous présenterons les travaux de l'équipe internationale actuellement leader sur l'étude des mécanismes cognitivo-affectifs communs entre l'Anorexie Mentale et les Troubles Autistiques, et comment ces cliniciens chercheurs ont utilisé les endophénotypes pour construire une prise en charge adaptée : la thérapie de remédiation cognitive (CRT) de l'Anorexie Mentale (Tchanturia et al. 2007/2008).

Ces données illustreront comment l'identification d'endophénotypes devrait avoir une double contribution : 1) de mieux comprendre les mécanismes qui sous-tendent les troubles mentaux et de contribuer à réduire l'intervalle entre les gènes et le comportement ; 2) d'améliorer l'efficacité des pratiques thérapeutiques en ciblant les approches sur des déficits spécifiques.

Christine Deruelle  
 Institut des Neurosciences Cognitives de la Méditerranée, CNRS  
 31, Chemin Joseph Aiguier 13009 Marseille,  
[deruelle@incm.cnrs-mrs.fr](mailto:deruelle@incm.cnrs-mrs.fr) <http://www.incm.cnrs-mrs.fr>

### Processus émotionnels et théorie de l'esprit: développement et troubles

- Comment définiriez-vous la cognition sociale en général? Comment situeriez-vous vos recherches propres par rapport au champ général de la cognition sociale?

La cognition sociale se rapporte à tous les processus perceptifs et cognitifs impliquant des informations de type social, c'est à dire émotionnelles, morales, ect...Ces processus incluent la perception consciente/inconsciente d'informations, et l'influence de cette perception dans les interactions émotion/cognition, dans les processus d'apprentissage et de prise de décision, ... Nos recherches se situent directement dans le champ de la cognition sociale, en y ajoutant une dimension clinique via l'étude de syndromes neurodéveloppementaux caractérisés par des anomalies du comportement social tels que l'autisme ou le syndrome de Williams.

En effet, dans ce domaine, l'étude du développement apporte un éclairage particulièrement intéressant. La composante dynamique d'une approche ontogénétique permet de dissocier les différentes composantes d'un processus aussi complexe que la cognition sociale et de suivre leurs développements.

- Quels sont les principaux résultats de vos recherches (et de celles de votre équipe) de ces dernières années dans le domaine de la cognition sociale?

Cette approche doit par essence être multidisciplinaire. L'appréhension du développement cognitif demande en effet un dialogue constant entre comportement et cognition d'une part et substrat neurobiologique d'autre part. C'est pourquoi nous avons mené en parallèle des études en comportement et des études en neuroimagerie.

Les compétences sociales recouvrent un large spectre de capacités dont des capacités fondatrices comme la reconnaissance d'un visage, d'une émotion ou des intentions d'autrui. Bien qu'il soit important de ne pas réduire le champ de la cognition sociale à un si petit ensemble de fonctions, pour des raisons paradigmatiques, nous avons focalisé néanmoins nos recherches sur ces aspects précis de la cognition sociale. Une des motivations principales pour ce choix est que ce sont justement ces aspects qui sont observables le plus précocément au cours du développement. Les visages sont sans conteste les premiers supports des contacts sociaux. On note une attirance pour ces stimuli dès les toutes premières heures de la vie. De la même façon, la reconnaissance des expressions émotionnelles est une capacité qui émerge très tôt au cours du développement et qui joue un rôle prépondérant dans le contexte social (e.g., Leppänen et al., 2007). On peut ainsi considérer que ces capacités sont particulièrement structurantes pour l'émergence d'un comportement social adapté.

Dans le domaine du comportement, nos études, qui ont concerné plusieurs populations d'enfants et d'adultes (les enfants au développement typique, les enfants porteurs du syndrome de Williams (SW), les enfants et les adultes autistes, les enfants cérébro-lésés, les enfants présentant des troubles de l'attention) ont conduit à deux résultats principaux. J'ai pu montrer d'une part que

si les stratégies perceptives de reconnaissance de stimuli non sociaux sont relativement communes à tous ces syndromes (on rapporte un avantage plutôt local que configural avec un problème plus spécifique pour le traitement des relations spatiales entre les éléments et une suspicion de dysfonctionnement du système dorsal), les performances obtenues dans le cas de stimuli sociaux (tels que les visages ou les émotions) sont très nettement déterminées par le profil de comportement socio-émotionnel caractéristique de chacune de ces pathologies, et donc des facteurs dépendants directement de l'expertise (et/ou de l'expérience). Replacées dans un contexte théorique, ces données sont interprétables dans d'une vue neuroconstructiviste du développement (e.g., Karmiloff-Smith, 1997, 1998) qui prédit un rôle fondamental de l'exposition/expertise dans l'expression des trajectoires de développement des fonctions cognitives.

Dans le domaine de la neuroimagerie, les études réalisées ces dernières années nous ont permis de préciser le rôle fonctionnel des régions cérébrales appartenant au 'cerveau social' et leurs relation avec le 'système miroir', et de modéliser les interactions fonctionnelles entre ces régions. D'autre part, nous avons également pu mettre en évidence des anomalies d'interactions fonctionnelles entre régions cérébrales lors de tâches de traitement d'informations émotionnelles chez des personnes adultes autistes ou atteintes du syndrome d'Asperger.

- Quels sont actuellement vos programmes et projets de recherche dans ce domaine, les cadres théoriques et les méthodologies que vous utilisez, les collaborations interdisciplinaires dans lesquelles vous êtes, le cas échéant, engagés?

L'accent est mis sur la recherche de l'influence de l'expertise et/ou de l'expérience (effets *top-down*) dans l'expression des trajectoires de développement des compétences socio-émotionnelles chez ces populations d'enfants. Une des particularités de notre travail est d'associer plusieurs niveaux d'approches afin de pouvoir les corrélérer et ainsi les contraindre mutuellement. Cet axe comprend en effet un volet visant à mieux cerner les compétences socio-cognitives des populations étudiées en partant des compétences de reconnaissance des visages et des émotions et en élargissant le champ de nos investigations jusqu'à l'étude des stéréotypes sociaux. Dans un second volet, nous abordons cette question en mettant en place les outils nous permettant d'acquérir des mesures quantitatives de la sociabilité des sujets. Enfin, dans un troisième volet, notre but est de rechercher les marqueurs biologiques/endophénotypes des compétences socio-cognitives atypiques en nous intéressant aux bases génétiques et neuronales de ces processus. Dans ce contexte, nous ne nous limitons pas à la recherche d'indices fonctionnels (IRMf) mais aussi morphométriques (*i.e.*, *voxel-based morphometry*, *diffusion tensor imaging*, *sulcal morphometry*).

En neuroimagerie, nos projets explorent les bases cérébrales de divers aspects de la cognition sociale : la perception et l'interprétation du comportement émotionnel d'autrui, l'apprentissage social vicariant, la prise de décision sur des dilemmes moraux, ... Nous utilisons principalement la technique de neuroimagerie par IRMf, associée à des protocoles expérimentaux utilisant des stimuli écologiquement pertinents. Des collaborations avec des chercheurs experts dans le champ du traitement d'images et de la modélisation nous permettent d'autre part d'explorer les données de neuroimagerie en terme de connectivité et de modèles d'interactions fonctionnelles.

- Quels sont, selon vous, les enjeux sociétaux de vos recherches sur la cognition sociale? Ont-elles déjà eu des retombées applicatives ou sont-elles susceptibles d'en avoir à court ou moyen terme dans les domaines de la santé, de l'éducation, de l'industrie, etc.?

La réplication de la plupart de nos études chez une population de personnes autistes a pour but de préciser les dysfonctionnements cérébraux sous-jacents aux déficits comportementaux caractéristiques de cette pathologie.

Enjeux également dans la mise en place de thérapie cognitive de l'autisme (avec nos résultats visant à évaluer le rôle des différents support (agents virtuels vs réels)

- Comment situeriez-vous ces recherches dans le contexte international? Quels sont selon vous les centres de recherche de référence dans le domaine en France, en Europe et dans le monde? Quelles sont selon vous les points forts et les éventuelles faiblesses de la recherche française?

En France : Marseille, Lyon

Internationale : Londres (FIL ect...), Groningen, Mannheim

- Pouvez-vous indiquer les résultats qui vous paraissent les plus significatifs dans la recherche sur la cognition sociale au cours des cinq dernières années?

Théorie de la simulation et système des neurones miroirs. Default brain network.

- Pouvez-vous indiquer cinq questions ouvertes sur lesquelles des avancées significatives peuvent être attendues au cours des prochaines années?

Quel est la part des processus conscients et inconscients dans le traitement adéquat des informations a valence sociale ?

Quelle est le rôle fonctionnel du 'default brain network' et a quel point faut il le considérer comme 'intrinsèquement social' ?

Quelle est la part d'influence émotionnelle et utilitariste dans la prise de décision morale ?

- Quels sont selon vous les nouveaux outils théoriques et méthodologiques les plus susceptibles de faire avancer les recherches?

Intégration des données anatomiques et fonctionnelles issues de la neuroimagerie, EEG et MEG afin d'obtenir des modèles de plus en plus précis des interactions fonctionnelles (connectivité fonctionnelle et effective) au sein du 'cerveau social' en fonction des différents processus étudiés.

Recherche d'endophénotypes

Approche cross-syndromes

- Y a-t-il des programmes de recherche et appels d'offre nationaux ou internationaux, dans lesquels ces recherches s'inscriraient naturellement ?

ANR, HFSP,

Chloé Farrer

Centre de Recherche Cerveau et Cognition, CNRS UMR 5549  
Faculté de Médecine de Rangueil-Bât A3 - 133, route de Narbonne  
31 062 TOULOUSE Cedex

[http://www.cerco.ups-tlse.fr/fr\\_vers/annuaire/chloe\\_farrer.htm](http://www.cerco.ups-tlse.fr/fr_vers/annuaire/chloe_farrer.htm) - [chloe.farrer@cerco.ups-tlse.fr](mailto:chloe.farrer@cerco.ups-tlse.fr)

### Troubles de la cognition sociale dans la schizophrénie

- Comment définiriez-vous la cognition sociale en général? Comment situeriez-vous vos recherches propres par rapport au champ général de la cognition sociale?
  - Je reprends la définition de Frith and Frith (2008) selon laquelle la cognition sociale regroupe l'ensemble des processus cognitifs qui permettent à des individus d'interagir. Ma recherche tente de décrire les mécanismes neurocognitifs qui nous permettent d'inférer l'intention d'un agent à partir de l'observation de ses mouvements. Cette capacité de lecture intentionnelle est aussi étudiée dans la pathologie mentale (schizophrénie / autisme) afin de tester si certaines manifestations symptomatiques peuvent être re-décrites en termes de déficits de la cognition sociale.
- Quels sont les principaux résultats de vos recherches (et de celles de votre équipe) de ces dernières années dans le domaine de la cognition sociale?
  - Mon approche consiste à examiner l'influence du contenu intentionnel (i.e. le type d'intention) sur les mécanismes d'inférence intentionnelle. Une première série d'études chez le sujet sain a montré que les informations perceptives et à priori contribuent différemment à l'inférence d'une intention en fonction du contenu intentionnel.
- Quels sont actuellement vos programmes et projets de recherche dans ce domaine, les cadres théoriques et les méthodologies que vous utilisez, les collaborations interdisciplinaires dans lesquelles vous êtes, le cas échéant, engagés?
  - Implication du cerveau social dans l'inférence de différents types d'intention chez le sujet sain (contributions respectives des régions du système miroir et des autres régions du cerveau social à l'inférence de différents types d'intentions).
  - Etude de la théorie de l'esprit chez des patients schizophrènes en prenant en compte la diversité du contenu intentionnel. Déficit généralisé/spécialisé de la Théorie de l'esprit ?
  - Implication du cerveau social dans l'inférence intentionnelle chez des patients schizophrènes.
- Quels sont, selon vous, les enjeux sociétaux de vos recherches sur la cognition sociale? Ont-elles déjà eu des retombées applicatives ou sont-elles susceptibles d'en avoir à court ou moyen terme dans les domaines de la santé, de l'éducation, de l'industrie, etc.?

- Santé : Le principal intérêt de ces recherches est de mieux comprendre certaines manifestations pathologiques qui entravent le comportement social des patients afin de développer des techniques de remédiation cognitive ou améliorer les thérapies cognitivo-comportementales par l'intégration des connaissances issues de ces recherches.
- Comment situeriez-vous ces recherches dans le contexte international? Quels sont selon vous les centres de recherche de référence dans le domaine en France, en Europe et dans le monde? Quels sont selon vous les points forts et les éventuelles faiblesses de la recherche française?
  - France
    - Service de Psychiatrie, Hôpital Richaud, MC Hardy Baylé
    - Lyon, CNC
    - Faiblesses : difficultés de mise en place d'études qui combinent des investigations génétiques et IRMf
  - Monde
    - Allemagne
      - University of Bochum, Martin Brüne
    - Angleterre
      - University, of Nottingham : Corcoran lab
      - University of Manchester: Bentall lab
    - Usa
      - Université de Caroline du Nord : Penn Lab
- Pouvez-vous indiquer les résultats qui vous paraissent les plus significatifs dans la recherche sur la cognition sociale au cours des cinq dernières années?
  - Implication des neuropeptides (oxytocine et vasopressine) et de certains gènes (gènes empreintes) dans la cognition sociale
- Pouvez-vous indiquer cinq questions ouvertes sur lesquelles des avancées significatives peuvent être attendues au cours des prochaines années?
  - Plus spécifique à mon domaine de recherche
    - schizophrénie / hypo vs hyper intentionnalité ? liens avec la symptomatologie (hypointentionnalité et symptômes négatifs vs hyperintentionnalité et symptômes positifs) ?

- liens déficits de la théorie de l'esprit / autres déficits cognitifs
- déficit de la théorie de l'esprit : marqueur d'état ou de trait ?
- Caractérisation des dysfonctionnements cérébraux associés à la théorie de l'esprit dans la schizophrénie
- Plus général
  - Quels aspects de la cognition sociale sont perturbés dans la schizophrénie
  - Liens déficits de la cognition sociale / comportement social
  - Caractérisation des dysfonctionnements du cerveau social dans la schizophrénie (système miroir, pôles temporaux antérieurs, ... ) ?
  - Développement de techniques de remédiation de la cognition sociale
- Quels sont selon vous les nouveaux outils théoriques et méthodologiques les plus susceptibles de faire avancer les recherches?
  - Approche de combinaison de données génétiques (identification, des gènes et de leur expression), de mesures comportementales liées à la cognition sociale et de données neuroanatomiques et neurofonctionnelles.
  - Approche transverse entre différentes pathologies mentales (e.g. comparaison des déficits de la cognition sociale dans la schizophrénie et l'autisme).
- Y a-t-il des programmes de recherche et appels d'offre nationaux ou internationaux, dans lesquels ces recherches s'inscriraient naturellement ?
  - Appels d'offre européens
  - ANR NEURO

Philippe Fossati,  
 CNRS USR 3246, GH Pitié-Salpêtrière & Université Pierre & Marie Curie Paris VI  
 Pavillon Clérambault, Hôpital de La Salpêtrière - 47 Bd de l'Hôpital F-75013 Paris France  
 Tel : +33 (0) 1 42 16 12 33  
<http://www.UMR7593.cnrs.fr/spip.php?article121&lang=en> - [philippe.fossati@psl.aphp.fr](mailto:philippe.fossati@psl.aphp.fr)

### Dimensions Intrapersonnelles et Interpersonnelles des Processus de Représentation de Soi dans la Dépression

Les recherches de notre équipe 'Images du self' au sein du Centre émotion (CNRS USR 3246) sont centrées essentiellement sur l'étude des processus de représentation de soi chez des patients déprimés, des sujets sains et des individus avec des facteurs de vulnérabilité (ex. génétique) pour la dépression. Nous utilisons essentiellement des paradigmes de psychologie cognitive, principalement mnésique, couplées avec des techniques d'imagerie cérébrale fonctionnelle (IRMf).

Dans notre équipe nous considérons la cognition sociale essentiellement sous l'angle de processus cognitifs insérés dans un contexte social. L'originalité de la cognition sociale proviendrait de sa dimension interpersonnelle et inter-subjective, au-delà du 'contenu' des informations traitées (ex. visages).

Notre démarche scientifique consiste dans un premier temps à définir les bases neurales des processus intra-personnels de représentation de soi et leurs rôles dans les pathologies émotionnelles de type dépression. Dans un second temps nous allons investiguer la dimension interpersonnelle de ces processus de représentation de soi en étudiant les effets du contexte social.

Les travaux de notre équipe ont pu mettre en évidence que deux types de biais cognitifs s'observent dans la dépression majeure. Le premier biais cognitif consiste en une mémorisation accrue et une attention excessive portée sur les événements émotionnellement négatifs.

Le deuxième type de biais cognitif traduirait une personnalisation excessive de la réponse et de l'expérience émotionnelle chez les patients déprimés.

Ainsi en réponse à des émotions négatives ou positives, les patients déprimés s'engageraient dans des processus de référence à soi, d'auto-évaluation mettant en jeu des régions cérébrales spécifiques. Ces processus de personnalisation excessive se traduisent par exemple au niveau clinique par des ruminations.

Dans un premier temps nous avons pu montrer que le cortex médial préfrontal et que le cortex cingulaire postérieur jouent un rôle essentiel dans les processus de référence à soi.

Dans un travail plus récent nous avons pu également souligner que cette région du cortex médial préfrontal, en particulier dans sa partie dorsale, est hyperactive dans la dépression. Cette hyperactivité dorso-médiale persiste après l'amélioration symptomatique de la dépression.

Chez des sujets porteurs de l'allèle S du promoteur du transporteur de la sérotonine (5-HTTLPR), à risque accru de dépression en réponse à des facteurs de stress, cette partie dorsomédiale du cortex préfrontal est également hyperactive.

L'ensemble de ces résultats démontre que le cortex médial préfrontal pourrait représenter la signature neurale des biais égocentriques émotionnels observés dans la dépression. L'investigation des processus de représentation de soi dans la dépression pourrait être utile pour le choix des traitements en particulier pour définir les indications de psychothérapie interpersonnelle.

## Jacqueline Nadel

CNRS, UMR CNRS 7593

Pavillon Clérambault, Hôpital Salpêtrière - 47, Bd de l'Hôpital - F-75013 Paris

<http://www.UMR7593.cnrs.fr/spip.php?article84&lang=en> - [jacqueline.nadel@upmc.fr](mailto:jacqueline.nadel@upmc.fr)

### Les chemins développementaux de la cognition sociale : ses déviations dans l'autisme

La définition de la cognition sociale est évolutive. Mais au fur et à mesure de ses succès et de son extension à de nombreux champs disciplinaires, elle perd de sa précision. Il est frappant de constater que les concepts de 'cognition sociale', 'interaction sociale', et 'communication sociale' sont souvent utilisés comme des synonymes. La cognition sociale est même considérée sous-tendre les interactions sociales. Cette conception est fortement influencée par une option théorique selon laquelle interagir socialement implique de raisonner, anticiper et comprendre les intentions des autres.

Il est important, à ce sujet, de se souvenir de la distinction faite par Premack et Wooldruff (1978) entre cognition sociale et comportements sociaux. Les comportements sociaux sont partagés par de nombreuses espèces animales, tandis que la cognition sociale, dans ses composantes de réflexivité et de mentalisation, semble limitée à de rares espèces autres que l'espèce humaine. Le développement et ses troubles offrent de bons arguments en faveur d'une distinction entre les deux concepts. La déficience mentale sévère n'obère pas le partage émotionnel, l'attention conjointe, l'imitation ou la synchronie interactionnelle et les échanges gestuels, alors qu'elle rend très difficile la réflexivité et la compréhension des intentions des autres. À l'opposé, l'autisme de haut niveau rend possible un minimum d'interactions sociales sur la base de la réflexivité et du raisonnement hypothético-déductif, mais le partage d'émotions et les échanges interindividuels spontanés sont très difficiles.

La disjonction ainsi suggérée entre les propriétés de la cognition sociale et celles des interactions intersubjectives n'interdit pas que les mécanismes cérébraux sous-jacents se recouvrent partiellement, mais cela n'autorise pas à franchir le large fossé qui sépare les comportements sociaux de la cognition sociale. C'est pourtant le cas actuellement, notamment dans le cadre des études en neuro-imagerie qui considèrent aisément que le système neuronal miroir est la base neurophysiologique à la fois de la cognition sociale et des interactions sociales sans que les enregistrements cérébraux en apportent de démonstration directe. Le fait que s'expriment plus tôt des symptômes hors de la sphère sociale chez des bébés qui recevront plus tard un diagnostic d'autisme (cf le numéro thématique sur le diagnostic d'autisme paru dans ENFANCE, 1, 2009, et en particulier l'article de Rogers) mène aussi à l'idée d'une non-linéarité entre comportements sociaux et cognition sociale. Le problème des précurseurs et pré-requis de la cognition sociale en est rendu beaucoup plus complexe que parfois suggéré.

Dans le domaine développemental s'est posée la question de la méthode d'étude des pré-requis de la cognition sociale, à distinguer de la méthode d'étude des interactions sociales précoces. La création d'une nouvelle génération de dispositifs expérimentaux permet de révéler s'il y a traitement précoce de l'intentionnalité et de l'interactivité des comportements sociaux par le bébé. La méthodologie consiste à conserver l'environnement social dans lequel baigne le bébé (*embeddedness*) tout en simulant expérimentalement un dysfonctionnement de l'interactivité du partenaire. La réaction au dysfonctionnement permet de mesurer les attentes du bébé, et donc les inférences qu'il produit concernant les réponses des partenaires. Deux grands types de dispositifs sont utilisés à cet effet : la simulation *in vivo* et la simulation dérivée de manipulations techniques... Le prototype de la simulation *in vivo*, dans laquelle l'adulte manipule son propre comportement social, est le dispositif du *Still Face (visage impassible)* où l'adulte coupe la communication avec le bébé et n'offre plus de comportement social face à lui. Les bébés dès 6 semaines réagissent très négativement à ce type de comportement (cf. Gusella *et al.*, 1988 ; Murray & Trevarthen, 1985 ; Tronick *et al.*, 1978), mais on a pu critiquer la procédure en tout ou rien, peu susceptible d'offrir une réponse fiable

concernant l'information traitée par le bébé. Plus subtile, la manipulation technique du comportement maternel spontané opéré par le paradigme *double vidéo (double vidéo direct-différé)* permet d'atteindre les capacités d'anticipation du bébé. En effet, au cours d'un face-à-face télévisé, le bébé est confronté tour à tour à une communication en direct avec sa mère ou à une communication différée, qui ne constitue donc pas une réponse sociale aux comportements actuels du bébé (Murray & Trevarthen, 1985 ; Nadel *et al.*, 1999 ; Nadel *et al.*, 2005 ; Soussignan, Nadel & Gérardin, 2006). Dès 8 semaines, non seulement les bébés repèrent la période de communication différée mais ils y réagissent avec une violence à la hauteur de ce qu'il faut bien considérer comme leurs attentes déçues de synchronie intersubjective : pourquoi sinon ce désarroi devant le visage souriant et la voix affectueuse de leur mère? A 6 mois, le bébé étend ces attentes à toute personne, fût-elle inconnue de lui. Il manifeste ainsi précocement une capacité d'attribution implicite d'intentionnalité sociale à la personne humaine.

Nous avons examiné les perturbations psychopathologiques de l'attribution d'intentionnalité en mettant à l'épreuve l'hypothèse que les enfants autistes de bas niveau cognitif présentent une absence d'attentes sociales ontologiques, mais peuvent acquérir des attentes sur la base de comportements sociaux éprouvés. Les résultats montrent que les enfants autistes ne sont pas perturbés lors de leur entrée seuls dans une pièce où se tient un étranger impassible qui ne s'adresse pas à eux, mais qu'après la période d'interaction imitative avec cet étranger, ils expriment des attentes sociales, qui se manifestent par des initiatives de prises de contact répétées (Nadel *et al.*, 2000 ; Escalona *et al.*, 2002 ; Field *et al.*, 2001). Au contraire, des enfants trisomiques d'âge cognitif inférieur ( 18 mois) sont immédiatement alertés par le comportement non interactif de l'étranger et refusent de rentrer dans la pièce, indiquant par-là qu'ils tiennent ce comportement pour intentionnel. Cette différence avec les enfants autistes marque une difficulté spécifique de ces derniers à former un concept de personne comme agentive et interactive, et permet de lier directement cette difficulté à celle concernant l'accès à une théorie de l'esprit.

Autres candidat-précurseurs de la cognition sociale, l'imitation synchrone, et son corollaire, la reconnaissance d'être imité, sont utilisés durant toute la période préverbale comme un format de communication sur la base d'un jeu d'agentivités entre partenaires où alternent l'expression (*c'est moi qui fais*) et l'attribution d'intentionnalité (*c'est toi qui est à l'origine de ce que je fais*). Ce système fonctionne entre enfants jusqu'aux alentours de 4 ans, puis disparaît sans retour (Nadel, 2002). Ce n'est pas une coïncidence. Après 4 ans, tester et contrôler l'intentionnalité de l'autre peut être réalisé à partir d'inferences méta-representationnelles. Il n'y a plus nécessité d'une lecture en acte des intentions de l'autre. Il n'y a plus nécessité de réaliser les intentions de l'autre ou de l'informer sur ses intentions au moyen d'actions similaires. Le rôle de précurseur méta-representationnel joué effectivement par le système imitatif est achevé. Une théorie de l'esprit est un outil bien plus performant. Par contre dans le cas d'autisme sans langage, l'accès au format de communication par l'imitation est à promouvoir, non seulement comme outil d'interaction sociale, mais aussi et peut-être surtout pour l'aide qu'il procure au développement de l'agentivité et de l'accès à la compréhension de l'intentionnalité, fût-elle limitée aux actions physiques. (Nadel, 2006) Les thérapies issues de nos travaux se développent dans plusieurs hôpitaux.

Dans ce bref aperçu de nos travaux, nous avons souligné la différence entre cognition sociale et interaction sociale, l'importance d'une différenciation des méthodes, indiqué l'accès précoce à une compréhension de l'interactivité comme intentionnelle, et montré la place de l'imitation dans l'exercice de l'intentionnalité au cours du développement et pour des thérapies de l'autisme.

### Quelques références

Nadel, J. (2002). Imitation and imitation recognition: functional use in preverbal infants and children with autism. In A. Meltzoff & W. Prink (Eds), *The imitative mind* (pp.42-62). Cambridge: Cambridge University Press.

- Nadel, j. (2006). Does imitation matter to children with autism? In S. Rogers & J. Williams (Eds;), *Imitation ad the social mind* (pp. 118-137). New York: The Guilford Press.
- Nadel J., et al. (2000). Do autistic children havev expectancies about the social behavior of unfamiliar people. *Autism*, 4, 2, 133-145.
- Nadel, J, Carchon, I., Kervella, C., Marcelli, D., & Réserbat-Plantey, D. (1999). Expectancies for social contingencies in 2-month-olds. *Developmental Science*, 2, 164-173.

Jean-Louis Dessalles  
 Département Informatique – Telecom Paris Tech / ENST  
<http://perso.telecom-paristech.fr/~jld/>      [dessalles@enst.fr](mailto:dessalles@enst.fr)

### Questionnaire pour l'atelier de prospective sur la Cognition Sociale

- **Comment définiriez-vous la cognition sociale en général? Comment situeriez-vous vos recherches propres par rapport au champ général de la cognition sociale?**

L'être humain a été façonné par la sélection naturelle pour tirer un profit maximal de ses relations sociales. Ses particularités cognitives (en comparaison des autres primates), et notamment la faculté de langage, ont évolué dans le contexte social particulier de notre espèce, dans laquelle l'établissement de réseaux sociaux est vital. Les composantes cognitives originales de l'être humain ont *toutes* une fonction biologique ; elles pourraient *toutes* (y compris l'intelligence, la planification, etc.) être biologiquement motivées par la nature *politique* de notre espèce.

- **Quels sont les principaux résultats de vos recherches (et de celles de votre équipe) de ces dernières années dans le domaine de la cognition sociale?**

L'observation et la modélisation du langage spontané (conversations) nous a conduits à formuler la *théorie du Décalage de Complexité* ([www.unexpectedness.eu](http://www.unexpectedness.eu)). Cette théorie décrit la fonction cognitive principale pour laquelle le langage est spontanément utilisé, qui est de surprendre l'interlocuteur (voir [pertinence.dessalles.fr](http://pertinence.dessalles.fr)). Nous avons montré comment, dans le contexte politique particulier de notre espèce, la capacité à produire la surprise joue un rôle essentiel dans l'établissement des liens de solidarité. Le langage serait ainsi un cas de *signal honnête*.

- **Quels sont selon vous les nouveaux outils théoriques et méthodologiques les plus susceptibles de faire avancer les recherches?**

Les recherches en sciences cognitives connaissent actuellement plusieurs bouleversements théoriques, parmi lesquels la prise en compte :

- de la dimension émotionnelle de la cognition
- du fait que la cognition est sensible à la simplicité (au sens de la taille de la description) (cf. Chater 1999 : *The search for simplicity: A fundamental cognitive principle?*)
- de la dimension phylogénétique : chaque composante cognitive remplit une fonction biologique.

Les recherches sur les fonctions du langage que nous menons à Telecom ParisTech sont au carrefour de ces nouveaux courants.

## David Chavalarias

Institut des Systèmes Complexes de Paris Ile-de-France & CREA, Ecole Polytechnique  
57-59 rue Lhomond 75005, Paris

Phone : +33.1.42.17.09.99

<http://chavalarias.com>, [david.chavalarias@polytechnique.edu](mailto:david.chavalarias@polytechnique.edu)

## Cognition Sociale et Cognition Collective

### Résumé :

Certains scientifiques, sociologues ou économistes en particulier, se sont récemment emparés du terme de cognition sociale utilisé en psychologie en lui donnant un second sens, à savoir, une cognition distribuée sur l'ensemble des individus composant une société. L'enjeu est alors de savoir en quoi les aptitudes sociales humaines rendent compte du développement d'une cognition collective complexe. Nous défendrons l'idée que la cognition sociale est un raffinement du concept de cognition distribuée plutôt qu'un équivalent. C'est un phénomène propre aux sociétés humaines, qui s'appuie sur la cognition sociale au sens de la psychologie, et permet de penser l'évolution culturelle. Nous montrerons ensuite en quoi, les avancées dans le domaine de la modélisation et de la simulation, ainsi que celles dans le domaine de l'observation /in vivo /des systèmes sociaux ouvrent des perspectives nouvelles pour l'étude de la cognition sociale.

---

### Questionnaire pour l'atelier de prospective sur la Cognition Sociale

- **Comment définiriez-vous la cognition sociale en général? Comment situeriez-vous vos recherches propres par rapport au champ général de la cognition sociale?**

Le sens premier de cognition sociale, telle que cette expression a été introduite par les psychologues (Fiske et Taylor 1991, Social Cognition), porte à mon sens sur l'ensemble des aptitudes permettant la compréhension intuitive des relations sociales et d'autrui. Je m'intéresse pour ma part à une extension de ce concept aux dynamiques collectives à savoir, une cognition distribuée sur l'ensemble des individus composant une société. La cognition sociale se pose alors au croisement des sciences cognitives et des sciences des systèmes complexes, et peut être définie comme la co-évolution des espaces cognitifs d'agents en interaction et des réseaux sociaux qu'ils forment. L'étude de la cognition sociale est étroitement liée aux études portant sur l'évolution culturelle.

- **Quels sont les principaux résultats de vos recherches (et de celles de votre équipe) de ces dernières années dans le domaine de la cognition sociale?**

Une proposition d'un nouveau cadre théorique pour la modélisation de la cognition sociale, telle que nous venons de le définir. Ce cadre pose la cognition sociale comme une spécificité de l'évolution culturelle, avec des dynamiques propres qui ne peuvent être modélisées avec les outils traditionnellement utilisés en économie, écologie ou biologie des populations. Il y a notamment l'introduction d'un nouveau type d'équilibre pour les systèmes sociaux, les « équilibres métamimétiques », qui prennent en compte l'évolution des « personnalités » ou des « identités » des agents lors de leurs interactions sociales. Cette problématique a été reliée à celle de la modélisation des préférences en économie.

- **Quels sont actuellement vos programmes et projets de recherche dans ce domaine, les cadres théoriques et les méthodologies que vous utilisez, les collaborations interdisciplinaires dans lesquelles vous êtes, le cas échéant, engagés?**

Mon programme de recherche porte d'une part, sur l'approfondissement des cadres théoriques et conceptuels pour la modélisation de la cognition sociale, avec comme outils les mathématiques et les systèmes multi-agents ; d'autre part, sur la reconstruction de dynamiques de cognition sociale à partir de données de terrain (traces d'activité sociale numérisée telle que les archives électroniques ou des documents issus du Web), ceci à des fins de validation ou pour proposer de nouveaux modèles.

- **Quels sont, selon vous, les enjeux sociétaux de vos recherches sur la cognition sociale? Ont-elles déjà eu des retombées applicatives ou sont-elles susceptibles d'en avoir à court ou moyen terme dans les domaines de la santé, de l'éducation, de l'industrie, etc.?**

L'enjeu de ce type de recherches est une meilleure compréhension des dynamiques sociales et de l'évolution culturelle dans leurs dimension cognitive. A moyen terme elles devraient permettre de mieux comprendre les conséquences directes ou indirectes de mesures politiques ou économiques sur le comportement, mais également les perceptions et les appréciations des populations des mesures envisagées. Elles devraient également apporter un nouvel éclairage sur les changements sociaux. Par exemple, il est souvent souligné que les changements requis pour faire face aux bouleversements climatiques qui risquent de se produire, sont autant de l'ordre du changement de mentalités que du changement de comportements. Ce type de changement est de l'ordre de la cognition sociale.

L'intérêt croissant pour les données *in vivo* issus par exemple des médias sociaux numériques, est par ailleurs susceptible de nous apporter des informations très pertinentes sur les phénomènes de cognition sociale à grande échelle.

- **Comment situeriez-vous ces recherches dans le contexte international? Quels sont selon vous les centres de recherche de référence dans le domaine en France, en Europe et dans le monde? Quelles sont selon vous les points forts et les éventuelles faiblesses de la recherche française?**

Cette aspect de la cognition sociale, comme beaucoup de nouveaux thèmes interdisciplinaires, est pour le moment abordée à la frontière de plusieurs disciplines. On trouve par exemple des approches du côté de l'économie, autour de la question de la co-détermination entre l'identité des agents économiques (représentations, croyances, buts, préférences et valeurs) et les réseaux socio-économiques qu'ils forment (cf. l'*Ethique économique* Vol. 3 (1) 2004, ou la *Revue de Philosophie économique*, n°9, 2004) ou des neurosciences *sociales cognitives* (Social Cognitive Neuroscience lab., UCLA, <http://www.scn.ucla.edu>). Parmi les centres où sont abordées ces questions, nous pouvons citer le CREA, l'Institut systèmes complexes de Paris Île-de-France, le CAMS (EHESS, Paris) ou le GREQAM (EHESS Marseille).

- **Pouvez-vous indiquer cinq questions ouvertes sur lesquelles des avancées significatives peuvent être attendues au cours des prochaines années?**
- 1) Comment metacognition, réflexivité et imitation sont liées dans le développement du nouveau-né à l'enfant ?
  - 2) Quelles sont les bases neuronales de la permanence, la poursuite et la modification de buts à court, moyen et long terme, et quels sont leurs différences ?
  - 3) Quel est le rôle des influences sociales et en particulier de l'imitation dans la formation des croyances, préférences et valeurs des individus ?

- 4) Quels sont les spécificités de la cognition collective humaine et comment les modéliser ?  
Formalisation de la clôture opérationnelle des systèmes sociaux, rôle structurant du bruit.
- 5) Comment valider les modèles de cognition sociale par des confrontations avec les données de terrain à grande échelle ?

- **Quels sont selon vous les nouveaux outils théoriques et méthodologiques les plus susceptibles de faire avancer les recherches ?**

Pour ce qui est de l'aspect modélisation de dynamiques collectives, les nouvelles approches « systèmes complexes » ainsi que la modélisation multi-agents.

- **Y a-t-il des programmes de recherche et appels d'offre nationaux ou internationaux, dans lesquels ces recherches s'inscriraient naturellement ?**

Il y a eu de récents appels européens sur le thème de l'évolution culturelle. Il ne semble pas y avoir de programme spécifique en France sur ce thème, mais des appels du type « ANR Blanc » sont susceptibles d'accueillir ce genre de thématiques.

## Christian Licoppe

Département de Sciences Economiques et Sociales, Telecom ParisTech, 46 rue Barrault, 75013, Paris, France  
[christian.licoppe@telecom-paristech.fr](mailto:christian.licoppe@telecom-paristech.fr)

## Renato Cudicio et Serge Proulx

Faculté de communication, Université du Québec à Montréal  
[renato@cudicio.com](mailto:renato@cudicio.com)  
[serge.proulx@uqam.ca](mailto:serge.proulx@uqam.ca)

### Communication, distribution de la connaissance et expertise

**Le développement du genre « questions rapides » dans les organisations équipées de la messagerie instantanée.**

#### Résumé :

Nous analysons le développement et l'organisation séquentielle d'un genre communicationnel dans des organisations où l'accès à un système interne de messagerie instantanée est généralisé à tous les membres, les 'questions rapides'. L'intelligibilité et la légitimité de ce genre organisationnel constitue une ressource pour accomplir collectivement des tâches complexes en mobilisant au fil de leur accomplissement des collègues constitués en personnes-ressources et mobilisés comme experts. Cette forme d'intelligence collective autour de laquelle s'articule communication, technologie de communication et travail d'organisation est mise en évidence sur un cas empirique de réponse à un courriel commercial composée collaborativement, deux autres participants ayant été sollicités par messagerie instantanée pour des 'questions rapides' ayant trait à ce courriel.

Nous avons effectué une recherche sur les activités de travail au bureau dans deux organisations québécoises (un opérateur de services télécom et une entreprise high tech) ayant incorporé un système de messagerie instantanée accessible à l'ensemble de leurs membres. Outre des entretiens effectués auprès d'une dizaine de professionnels dans leurs organisations, nous avons enregistré pour chacun d'entre eux une heure environ d'activité « ordinaire » à leur bureau, en recueillant à chaque fois deux enregistrements vidéo synchrones, l'un de l'activité sur l'écran de l'ordinateur et l'autre de l'utilisateur lui-même dans un cadrage assez large pour capter les interactions avec son environnement de travail immédiat. Un petit nombre d'entre eux nous a en outre donné accès à leurs archives de messages échangés.

Les études antérieures sur les usages de la messagerie instantanée dans les organisations ont montré comment un des usages caractéristiques du dispositif concerne les requêtes et la recherche d'information ponctuelles (Nardi et al., Qwan-Haase et al. 2005 ; Cho et al, 2005). A partir du corpus constitué, nous montrons que cette forme d'échange constitue véritablement dans les organisations équipées de la messagerie instantanée un 'genre communicationnel' à part entière (Orlikowski et Yates, 1994), celui de la question rapide ('quick question'), reconnu comme tel. Ceci est montré par le fait que les participants thématisent à l'occasion ce genre pour légitimer les requêtes qu'ils sont en train de produire. Nous analyserons ensuite certaines procédures pratiques par lesquelles les participants accomplissent ces 'questions rapides', comme la succession d'une salutation et d'une question (sans attendre la réponse à la salutation), ou la préface étendue posant le problème suivie d'une question invitant le destinataire à une réponse de type oui-non.

Nous montrerons également comment, au-delà de l'intelligibilité interprétative par tous de ce genre (et de l'accessibilité potentielle de chaque participant connecté à la réception de questions), l'acceptation par le destinataire est collaborativement négociée sur la base de deux formes de proximité, spatiale (partager le même bureau paysager) et relationnelle (se connaître nominalement et 'organisationnellement').

Dans la deuxième partie de l'article nous observons un événement de communication particulier, la réponse par une responsable commerciale de compte à un courriel d'un client signalant des problèmes. Nous montrons comment la rédaction de ce courrier commercial est enchevêtrée avec l'ouverture de deux fils de discussions par messagerie instantanée, initiées par deux questions rapides soulevées par ce courriel. Ceci montre comment la messagerie instantanée constitue une ressource pour savoir qui fait quoi et mobiliser à distance dans des organisations aux géographies complexes. De plus les chevauchements entre la réponse au courriel (un événement de communication caractéristique de l'activité commerciale d'une entreprise de services) montrent comment cet événement peut devenir fortement distribué, par opposition à un modèle de distribution faible où les différentes tâches interdépendantes seraient accomplies séparément les uns des autres et successivement (par exemple, chercher les informations nécessaires avant de commencer à écrire la réponse). Ce cas d'écriture collaborative d'une réponse courriel émerge de l'entrelacement des différents fils de communication, et apparaît comme un fait collectif.

Ceci montre également comment le développement du genre « questions rapides » en messagerie instantanée participe du développement d'une forme particulière d'intelligence collective dans l'organisation dans laquelle les tâches complexes sont accomplies de manière très distribuée, en sollicitant au fur et à mesure des personnes qui savent et peuvent répondre rapidement, et peuvent être mobilisées au fil des réseaux d'interconnaissance tissés dans la communication en tant qu' « experts » (Dreyfus et Dreyfus, 1986). Ceci suppose également chez les membres une forme de compétence organisationnelle à résoudre le problème de la connaissance mutuelle, particulièrement saillant dans les organisations distribuées (Cramton, 2001) : savoir qui sait, trouver rapidement qui sait, pouvoir solliciter la personne qui peut savoir qui sait, etc. La construction et la mise à l'épreuve de cette compétence constitue une forme particulière du travail d'organisation ou 'organizing' (Czarniawska and Hernes, 2005) dont le développement de la messagerie instantanée est constitutive, et que ses usages rendent visibles à des ethnographies organisationnelles.

Enfin la « question rapide » constitue une forme particulière de transaction cognitive, que l'on pourrait appeler « contribution », dont la caractéristique principale est qu'elle est d'autant plus réussie et significative, qu'elle est minime et demande peu d'effort. Ce mode de transaction cognitive semble particulièrement adapté au travail cognitif accompli en mode connecté, et semble assez générale (on le retrouverait sous une forme ou sous une autre dans les relations interpersonnelles avec les « petits messages » phatiques, dans les posts sur les sites de réseautage social comme Facebook et Twitter, dans les systèmes de requêtes dans les communautés Open Source, et dans les contributions wikipedia, 'wiki' signifiant d'ailleurs rapide en hawaïen). Le capitalisme cognitif et connecté serait une économie de la contribution.

Cho, H.-K., Trier, M., & Kim, E. (2005). "The uses of Instant Messaging in Working Relationships : a Case Study." *Journal of Computer-Mediated-Communication* 10(4): article 17.

- Cramton, c. (2001). "The Mutual Knowledge Problem and Its Consequence for Dispersed Collaboration." *Organization Science* **12**(3): pp. 346-371.
- Czarniawska, B., & Hernes, T. (2005). *Actor Network Theory and Organizing*, Copenhagen: Copenhagen Business School press/
- Dreyfus, H. L., & Dreyfus, S.E. (1987). From Socrates to Expert Systems: The Limits of Calculative Rationality. In P. Rabinow, & Sullivan, W.eds. *Interpretive Social Science: A Second Look*. Berkeley, California University Press: pp. 327-350.
- Nardi, B., Whittaker, S., & Bradner, E. (2000). *Interaction and Outeraction: Instant Messaging in Action*. Proc. CSCW'00, Philadelphia, PA.
- Orlikowski, W., & Yates, J. (1994). "Genre repertoire: The Structuring of Communicative Practices in Organizations." *Administrative Science Quarterly* **39**(4): pp. 541-574.
- Quan-Haase, A., Cothrel, J., & Wellman, B. (2005). "Instant Messaging for Collaboration: A case study of a high tech firm." *Journal of Computer-Mediated-Communication* **10**(4).

### Questionnaire pour l'atelier de prospective sur la Cognition Sociale

- **Comment définiriez-vous la cognition sociale en général? Comment situeriez-vous vos recherches propres par rapport au champ général de la cognition sociale?**

La manière dont des fonctions cognitives sont accomplies de manière distribuées en s'appuyant sur des ressources dans l'environnement et des interactions avec d'autres personnes

- **Quels sont les principaux résultats de vos recherches (et de celles de votre équipe) de ces dernières années dans le domaine de la cognition sociale?**

Réfléchir sur les liens entre accessibilité communicationnelle et la téléprésence, et les formes de collaboration qui se mettent en place dans des activités collectives dispersées

- **Quels sont actuellement vos programmes et projets de recherche dans ce domaine, les cadres théoriques et les méthodologies que vous utilisez, les collaborations interdisciplinaires dans lesquelles vous êtes, le cas échéant, engagés?**

Projet sur les usages de la messagerie instantanée dans des organisations dispersée ; projet ANR COMUT sur la multi-activité ; projet GIP Justice sur les procès par visio-conférence

- **Quels sont selon vous les nouveaux outils théoriques et méthodologiques les plus susceptibles de faire avancer les recherches?**

Croiser analyse des réseaux sociaux et approches socio-linguistiques pour rendre compte des activités cognitives distribuées

- **Y a-t-il des programmes de recherche et appels d'offre nationaux ou internationaux, dans lesquels ces recherches s'inscriraient naturellement ?**

Ça tend à être traité de manière dispersée, avec des difficultés dans la mise en œuvre de l'interdisciplinarité qui est nécessaire.

## Pascal Salembier

### Questionnaire pour l'atelier de prospective sur la Cognition Sociale

- **Comment définiriez-vous la cognition sociale en général? Comment situeriez-vous vos recherches propres par rapport au champ général de la cognition sociale?**

La cognition sociale couvre un champ de recherches extrêmement vaste, depuis l'étude en neurosciences et en psychologie cognitive des mécanismes cognitifs de base qui sont mis en œuvre dans le traitement des situations d'interaction avec d'autres agents/acteurs, jusqu'à l'étude des processus de plus haut niveau (sense-making, alignement des représentations et des contextes d'interaction, reconnaissance d'intentions et d'engagements communs,...) qui organisent et régulent les activités cognitives collectives.

*Les recherches que nous menons sont de deux types :*

- *des recherches de type théorique/empirique centrés sur l'analyse de situations d'activités collectives/coopératives entre acteurs engagés dans des tâches finalisée par des objectifs professionnels, ludo-éducatifs,...*
- *des recherches de type technologique qui visent à instrumenter/supporter ces activités par le biais d'outils organisationnels et/ou technologiques*
- **Quels sont les principaux résultats de vos recherches (et de celles de votre équipe) de ces dernières années dans le domaine de la cognition sociale?**

Les résultats obtenus couvrent les différents versants du programme de recherche évoqué précédemment :

- *des résultats empiriques sur les processus mis en œuvre dans les situations complexes de coopération Homme-Homme (mécanismes de coordination, modalités d'interaction, alignement/compatibilité des représentations contextuelles mutuelles, annotations collaboratives de support, gestion collaborative de connaissances,...) ;*
- *des élaborations conceptuelles innovantes (Web socio-sémantique) et des cadres analytiques qui visent à mieux comprendre les activités cognitives collectives (contexte partagé) ;*
- *des résultats technologiques portant sur la conception de systèmes d'assistance à la cognition collaborative/coopérative sous la forme d'outils et de plateformes basés sur l'approche web participatif et sur l'approche CSCW.*
- **Quels sont actuellement vos programmes et projets de recherche dans ce domaine, les cadres théoriques et les méthodologies que vous utilisez, les collaborations interdisciplinaires dans lesquelles vous êtes, le cas échéant, engagés?**

*Les projets de recherche sur lesquels nous sommes engagés couvrent essentiellement trois domaines :*

- *La communication médiatisée par ordinateur*

- *La conception de systèmes d'assistance à la coopération*
- *Le web participatif*

*Les cadres théoriques sont variés et reflètent l'ancrage pluridisciplinaire de l'équipe : interactionnisme social, cognition située, cognition distribuée, théories instrumentales de l'activité, théorie des transactions coopératives,...*

*Les méthodologies mise en œuvres sont de plusieurs types : ethnographie des situations coopératives, analyse ergonomique de l'activité, analyse interactionnelle, analyse des contenus expérientiels (incluant les émotions), expérimentations en situations recréées, simulation informatique,...*

- **Quels sont, selon vous, les enjeux sociétaux de vos recherches sur la cognition sociale? Ont-elles déjà eu des retombées applicatives ou sont-elles susceptibles d'en avoir à court ou moyen terme dans les domaines de la santé, de l'éducation, de l'industrie, etc.?**

*Les enjeux sociétaux des recherches menées sont multiples :*

- *maintien du lien social*
- *développement des modalités participatives d'organisation sociétale : e-démocratie, web participatif*
- *étude des incidences des technologies coopératives sur l'organisation des communautés*
- **Comment situeriez-vous ces recherches dans le contexte international? Quels sont selon vous les centres de recherche de référence dans le domaine en France, en Europe et dans le monde? Quelles sont selon vous les points forts et les éventuelles faiblesses de la recherche française?**
- *En relation avec nos centres d'intérêt : la recherche française actuelle semble bien placée sur les aspects « études naturalistes » et sur les travaux autour du web participatif*
- *Centres de référence en France : Inria-Sophia, Imag, ENS, Lyon, ENST-ParisTech, Institut Nicod, UTC, UTT*
- *Dans le monde : UCSD, University of Helsinki, University of Siegen,...*
- **Pouvez-vous indiquer les résultats qui vous paraissent les plus significatifs dans la recherche sur la cognition sociale au cours des cinq dernières années?**
- *Rôle des émotions dans la cognition sociale*
- *Modèles de simulation à base d'agents intelligents*
- *Organisation des communautés en ligne*

- *Description des modes de coopération sur supports participatif en ligne (web participatif, tagging,...)*
- **Pouvez-vous indiquer cinq questions ouvertes sur lesquelles des avancées significatives peuvent être attendues au cours des prochaines années?**
  - *Entrelacement des modalités de coopération H-H et H-machine dans des environnements hybrides et instrumentés (intelligence ambiante)*
  - *Articulation des niveaux de description des phénomènes de cognition sociale*
  - *Définition d'architectures et d'outils pour la co-construction collaborative de contenus*
- **Quels sont selon vous les nouveaux outils théoriques et méthodologiques les plus susceptibles de faire avancer les recherches?**
  - *Développement de plateformes de modélisation/simulation des communautés d'acteurs intégrant des niveaux de description micro (processus cognitifs) et méso (activités cognitives)*
  - *Théories de la complexité et cognition sociale*
  - *Méthodes d'accès au vécu expérientiel des acteurs en situation d'interaction (psycho-phénoménologie)*
- **Y a-t-il des programmes de recherche et appels d'offre nationaux ou internationaux, dans lesquels ces recherches s'inscriraient naturellement ?**
  - Projets européens ICT
  - Projets ANR SHS-STIC

## John Stewart

Département TSH, Université de Technologie de Compiègne,  
Centre Pierre Guillaumat - BP 60649 - 60206 Compiègne Cedex - France.  
Tél : ++33 3 44 23 52 06 (UTC) ++ 33 1 48 74 08 30 (domicile, répondeur)

### Dispositifs techniques et outils de médiation de la cognition sociale

#### Résumé

J'ai déjà indiqué qu'il s'agit d'un domaine de prédilection pour mes recherches. J'ajouterai seulement une précision. Par les temps qui courent, « dispositifs techniques et outils de médiation de la cognition sociale » fait penser irrésistiblement aux « sciences de l'information et de la communication ». Il ne s'agit évidemment pas de nier l'importance de ces « nouvelles technologies », qui sont en effet en train de transformer notre vie sociale, d'une manière qui peut être difficile de bien cerner tant nous y sommes plongés. Mais outre le fait que les recherches sur ces questions sont déjà pléthoriques, je considère qu'il est essentiel de ne pas y réduire le rôle de la technique dans la constitution anthropologique. *Toutes* les techniques, depuis le silex taillé en passant par le feu, l'agriculture et la sédentarisation dans les villes, l'écriture, l'invention de la monnaie frappée, la première révolution industrielle.... sont déterminants de la condition humaine.

---

#### Questionnaire pour l'atelier de prospective sur la Cognition Sociale

- **Comment définiriez-vous la cognition sociale en général? Comment situeriez-vous vos recherches propres par rapport au champ général de la cognition sociale?**

Le terme « cognition sociale » peut être interprété de multiples façons. Afin d'illustrer les enjeux, je comparerai deux définitions contrastées.

La première définition commence en définissant « la cognition », considérée comme le traitement de représentations mentales dans le cerveau. Dans ce cas, la « cognition sociale » correspond aux aspects de la cognition où il est question des interactions entre agents ; notamment, pour les êtres humains, la « Theory of Mind » (où chaque agent attribue aux autres agents un « esprit »). On peut résumer en disant qu'ici, l'adjectif « sociale » possède un sens *restrictif*.

La deuxième définition commence tout à fait autrement, par une définition théorique forte de ce qu'est « le social », comme étant constitué par un ensemble de « structures sociales » (normes, institutions, culture, langage, systèmes techniques etc...). Ces structures sociales entretiennent une double relation avec les actions des individus. D'une part, du point de vue d'un individu à un moment donné, les structures sociales sont « toujours déjà » là, étant héritées des générations précédentes ; de plus, ces structures sont à chaque fois la condition de possibilité de toute action socialement significative. D'autre part – mais à une autre échelle temporelle, beaucoup plus longue – les structures sociales elles-mêmes évoluent, étant infléchies par les actions effectivement réalisées par la masse des sujets individuels. On notera, évidemment, qu'il s'agit ici d'un résumé plus que succinct ; une présentation moins sommaire passerait par le déploiement de ce schème dans des exemples concrets de structures et d'actions. Cette définition du « social » puise dans la tradition des sciences sociales, et notamment dans la sociologie moderne depuis Durkheim. Or, si on accepte cette définition, la vie des êtres humains est « sociale » de part en part ; rien de ce qu'ils font n'y échappe. Il s'ensuit que si l'on veut étudier la cognition humaine, il faut prendre pleinement en compte le

fait que cette cognition est « sociale » de part en part. On peut résumer en disant qu'ici, l'adjectif « sociale » possède un sens englobant.

A mon avis, chacune de ces définitions est légitime ; mais elles sont difficilement compatibles. Ainsi, encore à mon avis, il vaut infiniment mieux opter clairement pour l'une ou l'autre, en évitant de naviguer entre les deux en pleine confusion. Mais propres recherches se situent clairement dans le cadre de la deuxième définition. En fait, mes recherches épistémologiques cherchent à contribuer au développement du paradigme de l'énaction en sciences cognitives. Ce paradigme, on le sait, est enraciné dans une théorie du vivant – celle de l'autopoïèse – et considère que « cognition » et « vie » sont fondamentalement liées. De ce fait, l'énaction a acquis une réputation d'être ancrée dans la cognition sensori-motrice au niveau du corps ; et non seulement d'y être ancrée, mais peut-être d'y être confinée. Il y a donc un enjeu considérable à faire valoir que l'énaction peut aussi, de manière articulée, prendre en considération la cognition de « haut-niveau », et notamment celle qui est spécifiquement humaine. L'approche de la « cognition sociale » esquissée ci-dessus est un élément clé de cette démarche.

- **Quels sont les principaux résultats de vos recherches (et de celles de votre équipe) de ces dernières années dans le domaine de la cognition sociale?**

Les considérations épistémologiques de la section précédente forment le cadre conceptuel de mes travaux. Mes recherches plus empiriques et expérimentales sont focalisées sur un aspect des « structures sociales » qui a souvent été négligé, y compris dans la tradition des sciences sociales : il s'agit du rôle « anthropologiquement constitutive » des systèmes techniques. Encore plus précisément, il s'agit de recherches expérimentales dans le domaine de la « suppléance perceptive ».

- **Quels sont, selon vous, les enjeux sociétaux de vos recherches sur la cognition sociale? Ont-elles déjà eu des retombées applicatives ou sont-elles susceptibles d'en avoir à court ou moyen terme dans les domaines de la santé, de l'éducation, de l'industrie, etc?**

Les enjeux sociétaux sont considérables, et tout d'abord à un niveau de culture générale (pour ne pas dire politique). Les êtres humains ont ceci de particulier qu'ils s'interprètent à eux-mêmes sans cesse ; plus, c'est par cette activité constante d'interprétation qu'ils se constituent. Le corollaire en est que suivant l'idée qu'ils se font d'eux-mêmes, ils *seront* différents. Je ne cacherai pas mon avis qu'entre les deux manières de définir ce qu'on entend par « cognition sociale », il y a deux visions – et deux projets politiques – concernant la réalité sociale. Cet enjeu est transversal à tous les domaines sociaux, notamment la santé, l'éducation – et le projet industriel lui-même (enjeux de développement durable ou pas, etc).

- **Quels sont selon vous les nouveaux outils théoriques et méthodologiques les plus susceptibles de faire avancer les recherches?**

A mon avis, un enjeu de toute première importance concerne la relation entre sciences cognitives et sciences sociales. Si la définition de « cognition sociale » est la première identifiée ci-dessus, les sciences cognitives se présentent en rival, ayant l'ambition de reléguer les sciences sociales aux poubelles de l'histoire. Par contre, la deuxième définition appellerait une inter-fécondation forte entre sciences cognitives et sciences sociales.

- **Y a-t-il des programmes de recherche et appels d'offre nationaux ou internationaux, dans lesquels ces recherches s'inscriraient naturellement ?**

Ce serait souhaitable – mais je n'en sais rien, et j'en doute même.

# Neuroéconomie et émergence des comportements économiques

*par S. Bourgeois-Gironde (atelier 31)*

23 juin 2009 / Institut des Systèmes Complexes, 54 rue Lhomond Paris.

L'atelier a permis du 23 juin a permis de dégager deux lignes de recherche principales.

- La première porte sur un renouvellement des paradigmes dans l'étude de la coopération et de la coordination humaines. Les modèles économiques qui président à l'explication de ces phénomènes présentent deux types de limites/défauts. Il est nécessaire d'acquérir une meilleure compréhension des mécanismes cognitifs qui sous-tendent notre capacité à nous coordonner en l'absence de communication explicite. En particulier quelle théorie de l'esprit doit-elle être postulée ? En philosophie de l'esprit on distingue schématiquement entre la capacité de se représenter les états mentaux d'autrui et la capacité de simuler les états mentaux d'autrui. Plusieurs études neuroscientifiques récentes ont mis en évidence le rôle de l'empathie et des neurones miroirs au cours de tâches qui impliquaient une coopération entre participants. Il serait intéressant d'étudier les mécanismes neuronaux qui président non pas à la coopération, mais à la coordination. Un champ de travail est ouvert qui doit faire appel à différents types investigations (la seconde limite dans l'investigation de ce thème concerne en effet les méthodes d'investigation mises en œuvre). L'imagerie cérébrale n'est pas la seule voie possible. La coordination avec des avatars humains dans des environnements d'économie virtuelle est une technique envisagée lors de l'atelier.
- La seconde ligne de recherche abordée dans cet atelier porte sur l'étude de l'émergence et la maintenance des comportements et des représentations économiques. Les études récentes de neuroéconomie ont été situées dans une perspectives évolutionnaires. On s'aperçoit que cette mise en perspective est rarement faite (sauf dans une certaine mesure dans les travaux d'Ernst Fehr sur le problème de l'altruisme et de la coopération). Le cas qui a été traité dans l'atelier est celui de la représentation de la monnaie, un artefact culturel et économique central. Catherine Tallon-Baudry et Sacha Bourgeois-Gironde ont récemment mené une expérience en MEG qui met en évidence notre aptitude à catégoriser automatiquement et indépendamment de processus de renforcement par apprentissage des stimuli visuels en tant que pièces de monnaie valides ou pièces de monnaie invalides. L'hypothèse évolutionnaire envisagée pour expliquer ces observations est l'idée d'un recyclage d'aires du système visuel en vue du traitement rapide d'un stimulus culturel qui n'a pas eu le temps sur une échelle historique très courte d'influencer les circuits

cérébraux. Nous aimerions prolonger ces travaux pour mieux comprendre les mécanismes de recyclage effectivement en œuvre ici (notamment les analogies entre traitement de la nourriture et traitement de l'argent). Il y a ici la possibilité d'un projet de recherche mettant en rapport des neuroscientifiques, des psychologues de l'économie et des philosophes des sciences sociales et cognitives. Catherine Tallon Baudry et Sacha Bourgeois-Gironde prévoient de déposer une demande de financement auprès de l'ANR en 2009-2010 pour ce projet de recherche spécifique.

En marge de cet atelier se sont tenues des réunions prospectives pour élargir à un contexte international les sujets abordés dans cet atelier Pirstec. Il émerge en particulier un groupe de travail avec des partenaires en Allemagne, aux Pays-Bas, en Israël et en Russie en vue de l'étude systématique des représentations économiques naïves. Là encore la question d'arrière-plan est de comprendre les contraintes évolutionnaires qui pèsent sur nos représentations et nos comportements économiques quotidiens. Ont été invités à discuter de ce projet (qui fera lieu de demandes de soutien au niveau européen) à Paris, Detlef Fetchenhauer (Université de Cologne) et David Leiser (Université Ben Gurion, Israël).

# CONTRIBUTION FINALE DU GDR PSYCHO ERGO À LA PROSPECTIVE DU PIRSTEC

*Par J.M. Hoc*

*Groupement De Recherche  
Psychologie ergonomique  
Et  
Ergonomie cognitive*

**AVRIL 2009**

## **SOMMAIRE**

<b>INTRODUCTION GÉNÉRALE.....</b>	<b>2</b>
<b>GT1 : DIAGNOSTIC, PRISE DE DÉCISION, CONTRÔLE COGNITIF ET GESTION DES RISQUES.....</b>	<b>3</b>
<b>GT2 : RÉOLUTION DE PROBLÈME, PLANIFICATION ET CONCEPTION.....</b>	<b>5</b>
<b>GT3 : ACTIVITÉS COGNITIVES DANS LES SYSTÈMES D'INFORMATION ET INTERFACES HOMME-MACHINE.....</b>	<b>7</b>
<b>GT4 : COOPÉRATION HOMME-HOMME ET COOPÉRATION HOMME MACHINE..</b>	<b>9</b>
<b>GT5 : INTERACTIONS PERCEPTIVO-MOTRICES.....</b>	<b>12</b>
<b>GTA : FORMATION ET GESTION DES COMPÉTENCES.....</b>	<b>14</b>
<b>GTB : VIEILLISSEMENT, HANDICAP ET EXPÉRIENCE : CONCEVOIR EN TENANT COMPTE DES CHANGEMENTS ET DES DIFFÉRENCES.....</b>	<b>19</b>
<b>GTC : ASPECTS INTENSIFS : ÉMOTIONS, CHARGE MENTALE, VIGILANCE.....</b>	<b>23</b>
<b>GTD : THÉORIES ET MÉTHODES.....</b>	<b>25</b>

---

**IRCCyN - École Centrale de Nantes**

1, rue de la Noë - B.P. 92101 - 44321 NANTES CEDEX 3 - France

Tél. : +33 2 40 37 69 17 - Fax : +33 2 40 37 68 01

E-mail : [gdr-psychoergo@irccyn.ec-nantes.fr](mailto:gdr-psychoergo@irccyn.ec-nantes.fr) – <http://www.gdr-psychoergo.org>

## INTRODUCTION GÉNÉRALE

Les réponses détaillées aux questions posées sont à trouver dans les paragraphes qui suivent cette introduction et qui sont structurés selon les thématiques du GDR. Elles ont été élaborées après discussion entre les participants du GDR (notamment les 26 et 27 Mars 2009 lors des réunions soutenues par le PIRSTEC) par les Directeurs du GDR et les Responsables des Groupes thématiques, dans l'ordre : Jean-Michel Hoc, Françoise Darses, Christine Chauvin, Charles Tijus, André Tricot, Alain Giboin, Richard Palluel-Germain, Jean-Michel Boucheix, Jean-Claude Marquié et Béatrice Cahour.

### *Thématiques actuelles dans votre champ*

1. Diagnostic, Prise de Décision, Contrôle Cognitif et Gestion des Risques
2. Résolution de problème, Planification et Conception
3. Activités Cognitives dans les Systèmes d'Information et Interfaces Homme-Machine
4. Coopération Homme-Homme et Coopération Homme-Machine
5. Interactions perceptivo-motrices
6. Formation et Gestion des Compétences
7. Vieillesse, Handicap et Expérience
8. Aspects Intensifs : Émotions, Charge mentale, Vigilance
9. Théories et Méthodes de la recherche en situation complexe

### *Éléments d'argumentation pour nous permettre de défendre votre projet*

La psychologie ergonomique apporte principalement à la psychologie et aux sciences cognitives des connaissances sur le fonctionnement cognitif en situation écologique ou/et technologique. Elle vise à construire des connaissances pertinentes pour l'amélioration des conditions d'exercice des activités complexes.

### *Verrous scientifiques, techniques ou structurels*

En retour, les travaux qu'elle développe en situation écologique permettent de renvoyer aux disciplines de base, surtout à la psychologie, des connaissances fondamentales que seul ce type de contexte permet de générer. Deux principales originalités de la psychologie ergonomique par rapport à l'ensemble de la psychologie doivent être soulignées. Tout d'abord, cette sous-discipline est centrée sur l'étude des activités finalisées, ce qui la conduit à accorder une attention particulière à la compréhension de la performance. Ensuite, bon nombre de travaux portent sur l'expertise.

### *Enjeux de valorisation*

Ce projet est soutenu par une dizaine de grandes entreprises (dont AIRBUS, EDF, RENAULT, SNCF) qui participent aux travaux et en assurent la pertinence technologique et écologique. Les travaux visent à prédire et à assister les comportements pour augmenter l'efficacité et la fiabilité des systèmes hommes-machines.

### *Enjeux sociétaux*

Le champ de l'ergonomie cognitive couvre des activités développées en situation de travail,

incluant assez largement des situations professionnelles, certes, mais aussi les situations de la vie courante qui s'en rapprochent du point de vue de la mise en œuvre d'une expertise spécifique (au sens de l'expérience).

### *Disciplines concernées*

La psychologie ergonomique est fortement établie sur des pluridisciplinarités multiples (au sein de l'ergonomie cognitive) qui s'imposent pour maîtriser les situations étudiées et pour contribuer valablement à la conception, à l'évaluation et à la transformation des situations de travail. Outre la psychologie, qui constitue son ancrage essentiel, elles concernent notamment les sciences du langage et les sciences pour l'ingénieur.

### *Forces de recherche*

Le GDR Psycho Ergo regroupe 39 équipes de recherche relevant de 36 unités labellisées et 6 départements de recherche-développement en entreprise. Plus de 300 personnes participent aux travaux, dont un tiers de doctorants.

## **GT1 : DIAGNOSTIC, PRISE DE DÉCISION, CONTRÔLE COGNITIF ET GESTION DES RISQUES**

Diagnostic et prise de décision sont des activités essentielles dans de nombreuses situations professionnelles et quotidiennes : diagnostic médical, contrôle de processus, régulation de trafic, maintenance et dépannage, conduite automobile, etc. Elles interviennent également dans la gestion de crise. Ces situations présentent la particularité d'être dynamiques, complexes et de comporter des risques. Diagnostic et prise de décision vont donc de pair avec la gestion des risques : risques externes (pour l'installation, le patient, l'environnement, les usagers de la route) ou risques internes (risque de perdre le contrôle de la situation). Les travaux visent à mieux comprendre les mécanismes cognitifs sous-jacents à ces activités en situation dynamique. Ils cherchent également à les modéliser, voire à les simuler. Quatre thématiques actuelles doivent être soulignées.

### **1- La modélisation et la simulation de la prise de décision en situation dynamique**

Il existe de nombreux modèles psychologiques rendant compte de la prise de décision en situation dynamique (l'« échelle double » de Rasmussen ; DSM de Hoc & Amalberti ; Klein et le courant de la NDM (Naturalistic Decision Making) ; Endsley et la « situation awareness » ; ACT-R de Anderson). La plupart de ces modèles tentent de rendre compte des processus cognitifs de haut et bas niveau, ainsi que de leur articulation. La thématique de la modélisation pose deux questions primordiales :

- Quels sont les niveaux du fonctionnement cognitif qu'il convient de représenter dans le modèle : niveau stratégique, tactique, opérationnel ; niveau symbolique, subsymbolique ; niveau contrôlé, automatique ?
- Quels sont les apports et les limites des supports existants pour la modélisation et la simulation cognitive ?

Il apparaît nécessaire, aussi et surtout, d'articuler et d'intégrer les différents modèles existants pour pouvoir rendre compte des comportements des agents, des processus intra-agents, mais également des processus inter-agents.

## 2- Les mécanismes adaptatifs de la cognition humaine et de la performance

Le contrôle cognitif est l'outil principal de réglage de l'adaptation qui vise à établir un compromis cognitif acceptable entre coût cognitif et efficacité du résultat pour assurer l'obtention d'une performance acceptable, c'est-à-dire la maîtrise de la situation. Hoc et Amalberti (2007) ont proposé un modèle cadre susceptible d'intégrer un ensemble de résultats de la littérature autour du concept central de maîtrise de la situation, en structurant différentes modalités de contrôle cognitif selon deux dimensions orthogonales : le niveau d'abstraction (symbolique/ subsymbolique) et l'origine des données du contrôle (interne (anticipatif) ou externe (réactif)). Des directions de recherches en ont été dérivées qui visent à répondre à une question principale : comment s'effectue le réglage du contrôle cognitif ? ou encore, quelles sont les informations, les événements qui provoquent une modification des données utilisées pour le contrôle ou un changement du niveau d'abstraction ? Cette question peut être déclinée sous différentes formes :

- Quelle est la part, dans la prise de décision, de la représentation de la situation externe (« situation awareness » au sens de Endsley) et des métaconnaissances ? Le poids de ces deux catégories de déterminants varie-t-il en fonction des caractéristiques de la situation, du niveau d'expertise des opérateurs, des habiletés cognitives et de la personnalité des opérateurs ?
- Comment s'articulent les activités sub-symboliques et symboliques dans des situations dynamiques, quels sont les indices perceptifs qui guident l'activité, quelles sont leurs caractéristiques, à quel niveau intervient l'attention ?
- Comment se caractérise la « compétence heuristique » évoquée par Brehmer et qui permet aux individus d'adopter des stratégies pertinentes pour « gérer » des situations complexes ?

Le réglage du compromis cognitif éclaire, par ailleurs, les mécanismes de gestion individuelle des erreurs (production, évitement, réduction des conséquences, récupération). On sait, notamment, que les experts ne récupèrent pas toutes les erreurs commises. L'essentiel, pour eux, est d'aboutir à une performance acceptable et de contrôler le risque. Le contrôle du risque, dans les activités routinières procède de deux mécanismes : un contrôle externe dans l'environnement de signaux indicateurs de risque qui s'appuie largement sur l'utilisation d'« affordances », un contrôle interne concentré sur la supervision de l'activité cognitive et l'évaluation du contrôle effectif de la situation.

## 3- La fiabilité humaine

Diagnostic et prise de décision peuvent donner lieu à des erreurs. Différents modèles ont été proposés pour analyser la fiabilité humaine. Ces méthodes (GEMS en particulier) permettent de catégoriser les erreurs, au regard notamment des niveaux de contrôle utilisés pour réaliser ces activités mais aussi de les expliquer à la lumière des connaissances disponibles sur le fonctionnement cognitif et sur les limites de la cognition humaine.

Ces approches ne prennent pas en compte l'influence des contraintes qui s'opèrent sur un système socio-technique et qui peuvent conduire à une déviance des comportements et, parfois même, à une « normalisation de la déviance » (Vaughan). Les approches actuelles de la fiabilité humaine adoptent, à la suite de Rasmussen, une approche systémique en s'intéressant, en particulier, à l'influence des modes d'organisation sur la fiabilité et sur la sécurité.

Les questions qui se posent portent, dès lors, sur l'élargissement des modèles cognitifs à des

situations d'interaction opérateurs-systèmes.

#### **4- La prise en compte des aspects collectifs des activités de diagnostic et de prise de décision**

La psychologie ergonomique s'est longtemps intéressée aux activités d'individus considérés isolément. Or, dans de nombreuses situations, diagnostic et prise de décision sont réalisés par un collectif de travail et s'appuient soit sur des activités de coopération (téléchanté par exemple), soit sur des interactions entre plusieurs personnes (prise de décision dans des situations de trafic par exemple). Ces activités sont, qui plus est, souvent réalisées par des acteurs qui sont distants les uns des autres et qui communiquent à l'aide de différents outils ; elles sont effectuées au sein de réseaux où la cognition est « distribuée » et appellent des méthodes particulières, telles que celle proposée par Stanton pour analyser la « conscience distribuée de la situation » dans des systèmes dynamiques.

Les questions qui se posent sont relatives à la formalisation du réseau, aux formalismes de modélisation des activités collectives, à la notion de « référentiel commun » et à la prise en compte d'aspects sociaux lors de la prise de décision (existence de règles informelles, importance du jugement d'autrui, etc.). Ces questions sont particulièrement pertinentes pour l'analyse et la modélisation de la gestion de crise.

L'étude de la prise de décision est partagée par de nombreuses disciplines et sous disciplines) et, notamment par : la psychologie (cognitive et sociale), la sociologie, les sciences de gestion et l'économie, les mathématiques et l'informatique. Chaque discipline ou sous-discipline élabore des approches de cette thématique en ignorant souvent les travaux effectués dans les autres disciplines. Des interfaces entre ces disciplines semblent nécessaires pour progresser dans la compréhension, la modélisation et la simulation de la prise de décision.

Les travaux menés sur la prise de décision ont pour objectif ultime d'aider les décideurs à prendre des décisions satisfaisantes et de limiter le risque d'erreur. Les enjeux de valorisation concernent le développement des systèmes d'aide à la décision. Les enjeux sociétaux sont importants puisqu'il s'agit de limiter le risque d'accidents dans des secteurs à risque, comme le nucléaire, les transports ou encore le domaine médical.

Les nouvelles techniques d'imagerie cérébrale bouleverseront certainement notre vision des mécanismes en jeu dans les activités cognitives en général et dans les activités de diagnostic et de prise de décision en particulier.

Cette thématique est traitée par une vingtaine d'équipes dans des domaines d'activité variés. L'étude de situations réelles de travail et la diversité des domaines étudiés apparaissent comme une force pour pouvoir développer et mettre à l'épreuve des modèles pertinents des activités cognitives considérées.

## **GT2 : RÉOLUTION DE PROBLÈME, PLANIFICATION ET CONCEPTION**

Historiquement, la résolution de problème a été au cœur des sciences cognitives avec les travaux de Newell et Simon dès les années 70 (Newell & Simon) et a investi, dès les années 80, la psychologie ergonomique (ex : Card, Moran, & Newell). Un investissement fort à propos puisque la nécessité d'étudier la cognition en situation fait de la psychologie

ergonomique une discipline appropriée au regard de son champ d'investigation: celle qui prend le monde réel en considération (Norman). Cet investissement a conduit à s'intéresser à la résolution de problèmes complexes (Frensch & Funke ; Hoc ; Quesada, Kintsch, & Gomez) et la résolution de problèmes complexes en situation (Schön ; Visser) avec des tentatives d'application des grands modèles de la cognition (e.g., GOMS, SOAR, ACT, LSA) aux situations réelles de prise de décision (ex. : Matessa & Remington, Sohn, Douglass, Chen & Anderson pour l'aéronautique), et non plus seulement aux situations de laboratoire, et à l'élaboration de modèles plus adaptés (ex. : ICARUS de Choi et Langley).

Il s'agit toutefois de recherches longues et difficiles et un certain nombre de questions méritent un investissement de l'effort public et devraient être affichées par le PIRSTEC comme telles :

- Quelles sont les stratégies efficaces de planification, d'ordonnement et le ré-ordonnement des actions qui évitent l'explosion combinatoire et qui gèrent au mieux les contraintes ? Comment modéliser ces stratégies sous l'angle de formalismes interdisciplinaires permettant la conception d'outils d'assistance adaptés en lien avec les sciences de l'ingénieur ? Comment soutenir ces stratégies par des interfaces et une coopération homme-machine ?
- Comment prédire la distribution interne et externe des composantes du problème relativement à la nature du phénomène cognitif, de l'affordance à la planification, de l'insight à l'apprentissage progressif, de l'activation automatique de connaissances au raisonnement ? Comment traduire ces affordances dans les interfaces homme-machine ?
- Quels sont les processus cognitifs de génération de nouvelles solutions qui permettent l'obtention de nouvelles conceptions ? Comment favoriser la flexibilité cognitive ? Mais aussi comment expliquer la fixité fonctionnelle qui pourrait se révéler être le pendant négatif de l'affordance, - une affordance positive aux effets négatifs - ? Ou encore comment expliquer les phénomènes d'insight ? un concept largement débattu (Jones), mais finalement peu étudié, parce que d'occurrence faible.
- Comment se réalisent les processus intégratifs des phases de conception et des phases de planification qu'on observe auprès de l'opérateur humain qui, avec un comportement dynamique, applique des procédures, mais qui découvre, invente et apprend.

Le PIRSTEC devrait également mettre en avant la recherche sur la conception d'aides informatiques à la résolution, à la planification et à la conception pour accompagner l'évolution vertigineuse des technologies de l'information et de la communication, qui est tout à la fois un facteur de développement de nouvelles formes d'organisation, de production et de gestion qu'un facteur de changements inattendus des pratiques, raisonnements, perceptions et actions de l'opérateur.

Enfin, un nombre de ces technologies relèvent de technologies des sciences cognitives, qu'on retrouve dans les ateliers du PIRSTEC, par exemple (ex. : le brain computing). Le PIRSEC devrait souligner l'importance de l'étude de la conception de ces nouvelles technologies en Sciences cognitives et celle de leurs usages.

## **GT3 : ACTIVITÉS COGNITIVES DANS LES SYSTÈMES D'INFORMATION ET INTERFACES HOMME-MACHINE**

L'évolution rapide des technologies de l'information et de la communication conduit à une diversification des systèmes d'information et à une augmentation exponentielle du nombre de sources disponibles. Si bien que de plus en plus d'individus ont accès à de plus en plus d'informations dans des activités professionnelles, de formation ou de la vie quotidienne. Cette augmentation de la quantité d'information s'accompagne de nombreux problèmes : difficultés à trouver l'information pertinente, à traiter des sources multiples, à traiter des formats de présentation hétérogènes, à interagir avec des interfaces multimodales, à comprendre des contenus complexes. Ces problèmes ne sont pas, à l'heure actuelle, résolus par la formation des individus à l'usage de l'information.

La recherche en psychologie ergonomique traite de ces problèmes, notamment en interaction avec les travaux conduits en STIC dans le domaine des Interactions Humains – Machine (IHM). Vingt laboratoires sont impliqués dans cette thématique, dont un à Bruxelles et un à Genève. Les situations étudiées sont principalement celles d'apprentissage et de formation professionnelle, notamment à distance, les postes de conduite dans le domaine du transport et enfin la gestion des connaissances dans les entreprises. Les activités étudiées sont très diverses : lecture, compréhension et recherche d'information, apprentissage, conduite, communication d'informations. Au sein de cette liste des principales activités étudiées, on retrouve, comme souvent en psychologie ergonomique, des activités se prêtant à des travaux de laboratoire tandis que d'autres relèvent des travaux de terrain. Les chercheurs du domaine utilisent différentes variables pour qualifier ou quantifier les activités des opérateurs : compréhension, mémorisation, « navigation » dans le système d'information, déplacement, apprentissage, mouvements oculaires, prise de décision, attention. Les facteurs dont ils étudient les effets sont principalement les formats de présentation de l'information, les modalités sensorielles de présentation de l'information ou d'interaction, la structure de l'information, les outils d'interrogation, l'expertise des opérateurs, ainsi que leur âge, leur handicap ou leur maladie.

Trois thèmes semblent particulièrement importants.

### **1 - Effets conjoints de la tâche, de variables humaines et de caractéristiques du système sur la recherche d'information et l'apprentissage**

La recherche s'est clairement orientée ces dernières années vers l'étude de l'interaction entre les caractéristiques des systèmes, celles des opérateurs et celles des tâches. Par exemple, pour quel type de tâche de recherche d'information la présence d'un index alphabétique dans le système d'information est-elle efficace ? Cette efficacité est-elle fonction de l'expertise des individus dans tel ou tel registre ? Faut-il simplifier la structure de l'information des sites Web destinés aux personnes âgées ? Si oui, comment ? Comment représenter l'information spatiale pour les personnes non-voyantes dans des situations de déplacements ?

Ces questions sont d'un abord difficile car elles mêlent différents niveaux de traitement (sensoriels, attentionnels, et traitements dits « de haut niveau » comme la compréhension ou la prise de décision). En outre, elles portent de plus en plus sur des activités complexes, où les opérateurs réalisent consécutivement ou parallèlement plusieurs tâches.

La difficulté de ces questions et la complexité des situations étudiées fournissent un terrain de

choix pour contribuer au débat actuel sur la mémoire de travail et ses rapports avec la mémoire à long terme. C'est dans des situations où des effets attentionnels et des effets liés à l'expertise des individus sont étudiés conjointement, notamment grâce à la réalisation de tâches très exigeantes, que l'on peut mettre en exergue les phénomènes de « dépassement » des capacités de mémoire de travail.

## **2 - Ergonomie des documents pour l'enseignement scolaire et la formation professionnelle**

Les documents électroniques, les logiciels de simulation et les techniques de réalité virtuelle – réalité augmentée offrent la possibilité de représenter des contenus de connaissance que l'on ne pouvait pas représenter sur papier (par ex. les phénomènes dynamiques complexes). Elles offrent aussi des situations d'apprentissage qui n'existaient pas auparavant (par ex. la formation des pilotes sur simulateur de vol). Ces nouvelles technologies suscitent légitimement un grand enthousiasme dans le domaine de l'enseignement scolaire et de la formation professionnelle. Pourtant, les évaluations empiriques montrent que les résultats ne sont pas souvent à la hauteur des promesses. Au plan international, on a assisté au cours des quinze dernières années à une véritable explosion des recherches dans le domaine de l'amélioration de la conception des documents, notamment multimédias, pour l'apprentissage et la formation, comme en attestent les sommaires des deux revues phares du domaine : le *Journal of Educational Psychology* aux États-Unis et *Learning & Instruction* en Europe.

La recherche s'organise autour des questions suivantes :

- Comment réduire l'effet de partage de l'attention quand l'individu doit traiter des sources d'information multiples ?
- Comment faciliter le traitement cognitif d'un contenu très complexe ?
- Dans quelles conditions les animations sont-elles efficaces ?
- Quels sont les effets des techniques de réalité virtuelle sur le traitement cognitif des objets, des concepts, des situations de travail ou de communication ?

Un défi majeur du domaine de l'ergonomie des documents pour l'enseignement scolaire et la formation professionnelle est probablement celui de la capitalisation des résultats empiriques, qui se comptent aujourd'hui en milliers. Si de remarquables synthèses internationales existent, comme celle de Mayer à laquelle des chercheurs français ont participé (Bétrancourt, Rouet), il demeure que ces synthèses concernent des travaux de laboratoire et, pour l'essentiel, des apprentissages de type scolaire. Il faudrait réaliser une synthèse rigoureuse, fondée sur une méta-analyse des résultats empiriques dans le domaine de l'ergonomie des documents pour la formation professionnelle.

## **3 - Conception de systèmes d'information pour des contextes définis**

Si le Web a attiré l'attention des chercheurs du domaine depuis le milieu des années 1990, d'autres systèmes d'information suscitent un intérêt grandissant, notamment parce qu'ils sont plus homogènes et fermés que le Web, et donc plus raisonnablement étudiables.

C'est le cas des systèmes d'information des entreprises, qui supportent d'autres activités, comme la coopération, l'échange, la capitalisation des connaissances. Ces systèmes présentent une différence majeure avec le Web : ils concernent des groupes humains restreints.

C'est aussi le cas des nouveaux systèmes d'information intégrés dans des postes de conduite (voitures, camions, bateaux, avions). Cette fois-ci, l'information est destinée à un individu particulier ayant un but particulier dans une situation particulière.

Dans ces deux types de situation, la valeur de l'information dépend strictement du contexte. Le contexte peut être ici défini comme incluant une ou plusieurs tâches, un ou plusieurs individus, et un environnement (physique, social, de travail). Cette approche contextuelle de l'information est actuellement développée dans d'autres disciplines, en particulier en STIC (systèmes d'information, recherche d'information, gestion des connaissances). La contribution de la psychologie ergonomique à l'approche contextuelle de l'information peut être substantielle, notamment dans les deux domaines évoqués : les systèmes d'information dans l'entreprise et la conduite de véhicules. Par sa prise en compte de l'individu, de la tâche et de l'environnement social ou de travail, la psychologie ergonomique doit pouvoir :

- mettre à jour les effets de l'approche contextuelle de l'information, en termes d'efficacité, d'utilisabilité, et d'acceptabilité ;
- contribuer à l'analyse et à la modélisation du contexte informationnel ;
- contribuer à la conception et à l'évaluation de systèmes d'information contextuelle.

#### *Défis à relever*

- rendre compte d'effets conjoints de la tâche, de variables humaines et de caractéristiques des systèmes sur la recherche d'information et l'apprentissage ;
- élaborer un cadre rigoureux de description des tâches d'utilisation des systèmes d'information ;
- mettre à jour les effets des techniques de réalité virtuelle sur le traitement cognitif d'objets ou de situations de travail ;
- capitaliser les résultats empiriques dans le domaine de l'ergonomie des documents pour la formation professionnelle ;
- contribuer au développement d'une approche contextuelle de l'information dans les domaines des systèmes d'information pour l'entreprise et de la conduite.

Les travaux dans ce domaine peuvent contribuer à éclairer des problèmes théoriques, comme celui de l'articulation entre des traitements sensoriels, attentionnels et le développement de connaissances de « haut niveau » associés à l'expertise, autrement dit à la refonte du concept central de la psychologie cognitive : la mémoire de travail.

Au plan méthodologique, l'exigence des tâches étudiées et les techniques d'investigation disponibles doivent permettre de contribuer à la question de la mesure de la charge cognitive, et notamment à l'analyse des liens entre mesures objectives (mouvements oculaires), mesures subjectives (questionnaires) et performances.

## **GT4 : COOPÉRATION HOMME-HOMME ET COOPÉRATION HOMME MACHINE**

### *Thématiques théoriques relatives à la coopération*

- modes de coopération (exemple : délégation de fonction, contrôle mutuel, enrichissement perceptif, etc. dans la conduite automobile) : leurs répercussions sur les interférences positives et négatives à gérer entre agents ;
- niveaux auxquels se situe la coopération, qui n'est pas forcément le niveau cognitif (exemple : coopération dans l'action, coopération dans la planification, méta coopération) ;

- processus d'élaboration, de maintien et d'évolution des référentiels communs/contextes partagés dans les différentes situations de coopération (coopération synchrone, asynchrone, etc.) ;
- rôle des représentations externes utilisées comme objets intermédiaires partagés dans la coopération ; articulation entre ces représentations externes et les représentations internes que sont les référentiels communs ;
- rôles interactionnels dans la coopération ; articulation entre activité individuelle et collective dans la coopération ;
- reconnaissance d'intentions dans les situations coopératives ;
- relations entre cognition et émotion dans les situations de coopération (thématique émergente) ; rôle de la confiance et de la fiabilité dans les relations de coopération ;
- élargissement du domaine de validité de modèles actuels de la coopération cognitive à divers types de coopération, comme les situations de coopération asynchrone, les situations mixant coopération et compétition, etc. ;
- modélisation de la coopération dans les « grands collectifs » (thématique nouvelle) ; applicabilité aux « grands collectifs » des modèles et concepts rendant compte des activités des « collectifs restreints » (dyades, équipes, etc.) ;
- modélisation de la coopération entre humains et « avatars » (systèmes jouant un rôle « humain », comme les « agents conversationnels »).

#### *Thématiques méthodologiques relatives à la coopération*

- Méthodes d'analyse des processus de coopération
  - o Méthodes d'analyse des processus de « partage de contexte ».
  - o Méthodes d'analyse des relations entre cognition et émotion dans une situation collective (thématique émergente).
  - o Méthodes longitudinales pour l'analyse de la construction du collectif.
  - o Techniques de suivi des processus survenant dans des communautés aux contours variables (thématique émergente).
  - o Plates-formes naturalistes de tests (réseaux en ligne).
  - o Méthodes de simulation des comportements coopératifs.
- Méthodes d'évaluation et de spécification de systèmes coopératifs
  - o Méthodes coopératives ou participatives de conception, préconisant une participation active de l'utilisateur dans la conception.
  - o Opérationnalisation des modèles psychologiques afin que ces derniers puissent être utilisés « facilement » dans la conception des systèmes coopératifs.
  - o Transposition de ce qui a été observé et modélisé dans une situation de coopération homme-homme à une situation de coopération homme-machine : comment transposer l'une à l'autre et quoi transposer ?
  - o Adaptation des méthodes aux technologies collaboratives récentes ou émergentes (ex. : plates-formes d'organisation des connaissances, plates-formes de réalité virtuelle).

#### *Argumentaire sur quelques questions primordiales*

Les situations pour lesquelles les demandes d'étude augmentent sont des situations dynamiques, changeantes, évolutives. On ne met plus uniquement l'accent sur les différences de lieux et de moments de la coopération (deux partenaires de la coopération pouvant être proches ou éloignés dans le temps – coopération synchrone ou asynchrone – ou/et dans l'espace – coopération « de proximité » ou à distance), mais aussi sur :

- les changements de lieux effectués par les personnes coopérant (cf. l'informatique mobile ou capacité à utiliser un dispositif informatique lorsqu'on se déplace et donc change de lieu.) ;
- les changements de collectifs (une même personne pouvant ou devant passer d'un collectif à un autre) : on remarque des passages plus fréquents d'une communauté à une autre : besoin de s'adapter, de parler le langage de l'autre, etc. ;
- les changements dans un collectif (les acteurs du collectif changent) ; tous ces changements pouvant induire des modifications dans les modes de coopération.

On note également des demandes relatives à des :

- situations impliquant de grands collectifs (cf. réseaux sociaux et communautés en ligne) ;
- situations de coopération dans lesquelles les systèmes se trouvent partout intégrés à l'environnement (informatique ubiquitaire), par opposition aux systèmes classiques, qui sont des objets distincts (voir aussi l'informatique omniprésente) ;
- situations de coopération en « réalité virtuelle » (où les acteurs interagissent dans un substitut du monde réel) ;
- situations de conception où interviennent les psychologues ergonomes eux-mêmes – des situations où la coopération entre ces psychologues et d'autres spécialistes est nécessaire.

#### *Verrous scientifiques, techniques ou structurels*

- « Passage à l'échelle » des modèles et des méthodes, induit par le passage de l'étude de la coopération dans des collectifs restreints à l'étude de la coopération dans des « grands collectifs ». Le problème est ici de gérer la complexité de la situation à étudier.
- Articulation entre modèles/méthodes issus des différentes disciplines contribuant à l'étude de la coopération et à la conception de systèmes coopératifs.
- Coordination/communication entre disciplines SHS-STIC
- Coordination/communication entre disciplines travaillant sur les usages
- Coordination/communication entre structures spécialisées dans les usages (ex. : Laboratoires des usages, Living labs, etc.).

#### *Nouvelles interfaces à développer*

- Interfaces entre disciplines travaillant sur les usages (sociologie des usages, ergonomie, utilisabilité des IHM, ingénierie des besoins, etc.). - Interfaces entre structures spécialisées dans les usages (ex. : Laboratoires des usages, Living labs, etc.). On peut penser à avoir des interfaces matérielles comme les « grands instruments » pour les sciences physiques ou biologiques (ex. : accélérateur de particules), des interfaces permettant de fédérer les efforts de recherche. - Interfaces R/R&D/ D/Usage. L'idée est ici chercher à coordonner le plus possible les activités des acteurs et des structures intervenant dans le processus complet R → R&D → D → Usage.

#### *Enjeux de valorisation*

- Valorisation des travaux de recherche par le transfert dans des disciplines connexes.
- Valorisation des travaux de recherche par le transfert dans l'industrie et la société.

### *Enjeux sociétaux*

La coopération, l'harmonie, entre ses membres est un souci majeur de la société. Les études sur la coopération peuvent aider la société à répondre à ce besoin. Les enjeux relatifs à la coopération sont nombreux. On ne citera que quelques exemples :

- relations de service ;
- relations dans les réseaux en ligne (Internet) ;
- relations entre partenaires sociaux : l'importance de ces relations dans l'acceptation, par exemple, du télétravail a été souligné par Nathalie Kosciusko-Morizet, secrétaire d'Etat chargée de la prospective et du développement de l'économie numérique ;
- sécurité routière, aérienne, ferroviaire, maritime ;
- sécurité des biens et des personnes .

### *Avancées scientifiques qui bouleverseront la vision du domaine*

La mise au point de techniques de réalité virtuelle permet de simuler des situations de coopération et donc de contribuer à valider des modèles de la coopération.

### *Disciplines concernées*

La psychologie ergonomique étant une discipline transversale à toutes les disciplines relevant de la psychologie scientifique, toutes les disciplines contribuant à l'étude des processus collectifs : psychologie sociale, psycholinguistique, psychologie du travail, etc.

### *Les disciplines avec lesquelles interagit la psychologie ergonomique :*

- disciplines relevant des SHS et contribuant à l'étude des processus collectifs : sociologie des usages, sociolinguistique, linguistique, économie, gestion... ;
- disciplines/approches relevant des STIC : informatique (multi-agents, Web 2.0, CSCW...), automatique.

### *Instruments et paradigmes concernés*

- Les différents paradigmes d'étude de la cognition, en particulier : cognition située, cognition distribuée, théories de l'action, théorie de l'activité, théorie de l'acteur-réseau, pragmatismes.
- Commencent à apparaître (ou réapparaître) des paradigmes « intégratifs » (intégrant les différentes composantes d'un comportement : cognition, motivation, émotion).

### *Forces de recherche existantes*

La quinzaine d'équipes membres du Groupe thématique Coopération du GDR, situées en France ou dans les pays francophones limitrophes (Suisse, Belgique, Luxembourg). Ces équipes regroupent une cinquantaine de chercheurs et d'ingénieurs, sur poste ou temporaires (doctorants et ingénieurs experts en particulier). Plusieurs de ces équipes sont pluri-disciplinaires.

## GT5 : INTERACTIONS PERCEPTIVO-MOTRICES

L'étude des coordinations sensori-motrices peut s'appréhender à travers divers domaines d'application induisant l'utilisation de nouvelles technologies comme la réalité virtuelle, l'automatique et la robotique. Un des thèmes principaux développé par notre groupe concerne l'étude des coordinations sensori-motrices appliquée aux situations nécessitant la réalisation de gestes complexes ou la manipulation d'objets à distance. En effet, les performances humaines en contexte technologique sont généralement contraintes par les environnements dans lesquels les comportements sont mis en œuvre : ces environnements sont souvent peu familiers du fait d'un appauvrissement ou d'un format inhabituel des informations disponibles. Ainsi, le prélèvement d'information ou le guidage d'un objet sur un écran de contrôle (simulateur de conduite, téléopération, environnement virtuel) requiert l'intégration des transformations de plan et d'échelle entre l'espace physique et l'espace perçu. Dans ces situations, la concordance existant généralement entre les différents systèmes sensoriels impliqués dans l'action (systèmes proprioceptif-tactilo-kinesthésique, auditif, vestibulaire et visuel) est souvent réduite. Ceci implique la restructuration des systèmes de référence et des modes contrôles nécessaire à l'action. Par conséquent, ces situations de réalité virtuelle (RV) soulèvent, d'un point de vue ergonomique, des questions relatives à l'intégration des données perceptives et motrices dans l'accomplissement des tâches à fortes contraintes cognitives mais également, en retour, des objectifs quant à la création d'environnements adaptés au fonctionnement de l'individu, dans lesquels des opérateurs distants puissent interagir et collaborer.

L'étude des interactions entre motricité et données perceptives peut se faire à l'intérieur d'environnements physiques artificiels utilisant les systèmes de réalité simulée, augmentée ou virtuelle (casque HMD, système CAVE, par ex.). Ces systèmes placent l'individu en situation technologique innovante et permettent l'étude fondamentale des capacités de traitement de l'organisme en situation perceptive non familière, en situation d'apprentissage, ainsi que l'étude du comportement humain en situation d'immersion.

Les principaux verrous à lever dans ce domaine concernent la question des réafférences visuelles nécessaires à la mise en place de mouvements adaptés. Cette approche est la fois fondamentale et appliquée puisqu'elle concerne directement l'amélioration des systèmes d'aide à la sécurité routière ou la mise au service des populations handicapées de la robotique mobile. Par exemple, un domaine majeur d'application porte sur l'étude des coordinations sensori-motrices dans le cadre de la conduite automobile à l'aide de différents systèmes de simulation. Dans cet axe, la RV est utilisée comme un moyen de recréer des situations particulières permettant de mettre en évidence le rôle de certains indices visuels sur la gestion de la trajectoire du véhicule (comportement oculomoteur, couplage mouvement de la tête et géométrie de l'environnement routier, contrôle postural, etc.). Un autre domaine en fort développement porte sur le téléguidage et la téléopération — des situations dans lesquelles sont soulevées des questions relatives au contrôle du comportement sur la base d'informations ayant subi une transformation géométrique ou dynamique. C'est le cas en téléopération lorsqu'un système proximal (robot « maître ») permet de contrôler un système distal (robot « esclave ») par l'intermédiaire d'un écran de contrôle. On peut ainsi étendre à un site éloigné, inaccessible ou dangereux, les capacités de manipulation et de perception d'un opérateur humain. Ici, l'un des verrous à lever concerne les paramètres spatio-temporels associés à la téléopération d'un engin mobile dans le cadre de la définition d'une interface homme-machine. Dans cette thématique des nouvelles interfaces doivent être développées en proposant un lien plus étroit entre la modalité visuelle et la modalité haptique. Pour cela, un

des enjeux est de mettre l'accent sur le développement d'une communication plus étroite entre ces modalités sensorielles via l'utilisation de systèmes robotisés à retour d'effort.

Ces axes de recherches sont bien évidemment valorisables dans des domaines comme l'intelligence artificielle (robotique, système expert) et également dans la santé publique (handicap, téléchirurgie, rééducation, assistance palliative). Il nous apparaît fondamental que l'étude des interactions perceptivo-motrices dans les situations écologiques ou technologiques soit réalisée grâce à une approche pluridisciplinaire (ergonomie, psychologie, robotique, linguistique, neurosciences, etc.), nécessaire pour maîtriser les situations qui sont l'objet de la recherche et pour contribuer valablement à la conception, à l'évaluation et à la transformation des situations de travail.

Une dizaine d'équipes contribuent à cette thématique.

## **GTA : FORMATION ET GESTION DES COMPÉTENCES**

### **1 - La notion de compétence professionnelle**

La notion de compétence est relativement nouvelle en psychologie ergonomique. Elle est liée à l'évolution des tâches dans les situations de travail. C'est un terme issu « du sens commun », polysémique qui se substitue souvent à « connaissances », « capacités », « habiletés », « expertise ». Cette notion implique l'étude de la performance et de l'activité. Il existe des définitions relativement anciennes de ce terme, comme par exemple celle de De Montmollin : « ensembles stabilisés de savoir et de savoir-faire, de conduites types, de procédures standard, de types de raisonnements, que l'on peut mettre en oeuvre dans des apprentissages nouveaux et qui sédimentent et structurent les acquis de l'histoire professionnelle : elles permettent l'anticipation des phénomènes, l'implicite dans les instructions et la variabilité des tâches ». La compétence serait le « potentiel d'action dans une sphère professionnelle que l'on peut inférer à partir de la réalisation complète de l'activité en situation de travail dans une temporalité longue » (Rogalski & Marquié). Les connaissances spécifiques au domaine avérées et à la base de l'action professionnelle efficace peuvent être qualifiées de savoir de référence. La compétence est très liée à la notion d'expertise et également d'expérience. Toutefois, paradoxalement, cette notion dont l'importance supposée est si fréquemment évoquée, nécessite des définitions plus explicites car elle reste floue, ainsi que des recherches. Par exemple, la nature et l'organisation des connaissances liées à l'expertise, la qualité des modèles mentaux construits par les opérateurs dans les activités de compréhension au cours de la formation ou encore les étapes du développement des compétences sont des questions importantes. Cinq thèmes ou questions de recherche actuelle seront développés, deux classiques :

- Les dimensions de la compétence ;
- La dynamique du développement de compétences, de l'apprentissage, et de la capitalisation des savoirs ;

et trois autres constituant plutôt des tendances actuelles de développement :

- Modèles, outils et méthodes pour la conception, la conduite et l'évaluation des formations et de l'apprentissage ;
- Les apprentissages multimédias : Le rôle de technologies TIC dans la conception des outils d'apprentissage et des documents pédagogiques ;
- Le progrès des méthodes

Nous n'aborderons pas la question du vieillissement qui fait l'objet d'une thématique à part

entière du GDR.

## **2 - Les dimensions de la compétence**

Beaucoup de recherches sur l'expertise se sont appuyées sur la comparaison « experts-novices » ou « débutants-expérimentés ». Beaucoup reste à faire en ce qui concerne les « niveaux de l'expertise » et de compétence notamment l'idée de « continuum d'expertise ». Les recherches doivent aussi se développer sur la nature dynamique ou fonctionnelle des connaissances mobilisées au cours du développement des compétences. Comment se développent des niveaux de régulation des différents types de connaissance mobilisés au cours de l'activité ? Ils peuvent concerner :

- L'engagement corporel (composante perceptive et motrice) ;
- Le passage d'un fonctionnement contrôlé à un fonctionnement automatisé ;
- La conceptualisation des actions (aspect réflexif de l'action) ;
- L'apprentissage implicite ;
- L'activation et le fonctionnement de concepts en actes ;
- Les connaissances méta-cognitives ;
- La temporalité dans les situations dynamiques.

L'articulation de ces différentes composantes est particulièrement importante dans la gestion des situations dynamiques à risques.

D'autres dimensions nouvelles nécessitent le développement de recherches :

- Les notions de concepts pragmatiques, concepts construits pour et par la situation de travail, et de structure conceptuelle des situations ;
- L'organisation fonctionnelle des connaissances en mémoire chez l'expert ;
- Les compétences collectives ;
- Les « compétences émotionnelles ».

Un modèle analytique des connaissances opérationnelles (KEOPS) a été développé dans le cadre de recherches sur la formation professionnelle (Rogalski & Samurçay). Il présente une articulation des connaissances selon quatre pôles : des connaissances génériques et conceptuelles (K) des catégories de situations et des procédures pour les traiter (PS), des connaissances épisodiques de situations singulières (E) et enfin des connaissances d'outils cognitifs opératifs (O).

## **3 - La dynamique du développement des compétences**

Le développement des compétences, leur maintien et la capitalisation des savoirs acquis constituent des enjeux cruciaux de l'évolution des organisations, du progrès des personnes mais aussi de la recherche en psychologie ergonomique. Cette thématique revêt une importance accrue dans les situations où la complexité des processus et/ou le risque (par exemple les situations dynamiques comme les centrales nucléaires, la médecine), sont tels que l'apprentissage « sur le tas », par l'exercice et la répétition ne sont pas suffisants ou impossibles. Il peut s'agir du maintien et du développement de compétences par l'action tout au long de la vie ou au cours de périodes de formation et d'apprentissage systématique.

Nous possédons relativement peu de connaissances établies « avec une approche objective » et aussi expérimentale sur les processus de développement des compétences professionnelles chez l'adulte. Les modèles sont généralement constructivistes : c'est dans l'action que se construisent les savoirs et savoir-faire, mais comment ? Une question importante est

d'articuler l'activité fonctionnelle (l'action) à l'activité méta-fonctionnelle (la réflexion) ou dans une approche de type piagétienne, l'action et l'abstraction, ou bien à travers la construction de hiérarchies d'abstraction. D'autres modèles, issus de recherches de laboratoire ou sur la résolution de problème portant sur la procéduralisation des connaissances déclaratives pourraient utilement être testés dans l'étude du développement des compétences professionnelles à long terme et notamment dans l'apprentissage de la gestion de situations à risques réalisée sous une pression cognitive intensive. Trois principaux types de moyens peuvent être distingués pour le développement ou la formation des compétences :

- La formation professionnelle
- Les outils d'assistance au développement des compétences en situation de travail (outils réflexifs)
- Conception d'aide faisant partie de la conception du poste ou outils incorporant de la connaissance.

Nous nous centrerons à la suite sur la formation professionnelle et les outils d'apprentissage et en particulier les simulateurs et les technologies pour l'apprentissage.

*Modèles, outils et méthodes pour la conception, la conduite et l'évaluation des formations et de l'apprentissage*

La conception de formations professionnelles et de situations d'apprentissage proches des situations de travail et fondées sur l'analyse de l'activité et non sur des programmes de type scolaire est relativement récente. Cette approche d'ergonomie des situations de formation et d'apprentissage articule trois domaines disciplinaires : la psychologie ergonomique, la psychologie cognitive de l'apprentissage et la didactique professionnelle.

Le modèle de la conception de la formation s'organise en quatre étapes :

- l'analyse de l'activité,
- la transposition didactique (ou reconstitution sélective) de la situation de référence qui consiste à conserver tout ou partie des fonctionnalités de la situation de travail de référence,
- la conception des situations d'apprentissage
- et leur évaluation.

Dans le cadre d'une telle démarche, des recherches sont à entreprendre concernant l'efficacité de l'apprentissage, les modalités de développement des compétences dans ces situations transposées, les styles et les différences inter-individuelles.

De ce point de vue, le rôle des développements technologiques récents est majeur, permettant la conception de situation et d'outils d'apprentissages multimédias ou de type simulateur. Il peut s'agir de simulateurs pleine échelle, de réalité virtuelle ou augmentée, de simulations et ou de logiciels écrans dans lesquels sont sélectionnés des traits pertinents de la situation, des problèmes à résoudre, selon des principes de découpage ou de focalisation fonctionnelle. Les technologies permettent aussi de varier les formes de représentation des situations et des connaissances à l'écran, par exemple d'associer des niveaux analogiques (images, vidéos) ou plus abstraits (courbes) d'un même phénomène ou d'un même processus dynamique. Il devient alors possible de « manipuler » des variables didactiques ou des modalités d'apprentissages dans des situations proches de la « réalité ».

Dans cette perspective les travaux sur les apprentissages avec des simulateurs pourraient

Dans cette perspective les travaux sur les apprentissages avec des simulateurs pourraient

trouver un développement nouveau. En effet les études utilisant des simulateurs ont le plus souvent été réalisées dans le cadre de recherches sur le diagnostic ou la gestion de situations à risques ou dans le cadre d'évaluation des compétences mais non dans une perspective d'apprentissage ou de formation à plus long terme.

Très peu de travaux abordent le problème de l'évaluation des effets des formations. Il s'agit également d'une dimension cruciale pour les recherches futures. De même les travaux concernant l'activité et le rôle du formateur ne font que débiter : il apparaît que le rôle de celui-ci est important dans l'usage qui est réservé aux technologies pour l'apprentissage et aux situations de simulation.

Enfin, si le fonctionnement et la nature des « habiletés » des opérateurs constituent un thème majeur de l'ergonomie, des travaux sur le rôle et les mécanismes des apprentissages implicites dans ces acquisitions manquent encore.

*Les apprentissages multimédias (en lien avec la thématique : « Activités cognitives dans les systèmes d'information et interfaces homme-machine »)*

Le rôle des TIC dans la conception des outils d'apprentissage et des documents pédagogiques devient majeur. La possibilité de représenter à l'écran des phénomènes complexes et invisibles (par exemple le fonctionnement d'un volcan, la dynamique des marchandises à l'intérieur d'un camion pendant le transport, la pousse d'un pied de vigne etc.), des illustrations dynamiques, les logiciels de simulation écran, la possibilité de concevoir des représentations multiples, les systèmes interactifs, bref les systèmes multimédias permettent la conception de représentation et d'interfaces multiples et riches.

Le degré de sophistication de ces outils est bien en avance sur l'approche scientifique des effets réels de ces nouveaux dispositifs d'apprentissage et de formation. Sont-ils réellement plus efficaces ? Deux problèmes principaux se posent. Le premier concerne la charge cognitive induite par le traitement d'informations multiples et le partage d'attention entre des modalités sensorielles. Le deuxième est le degré d'adaptation des interfaces, notamment des images et des systèmes de contrôle proposés à l'apprenant pour le soutien des activités cognitives visées dans l'apprentissage. Par exemple on pourrait penser intuitivement que la compréhension profonde d'un processus dynamique complexe (par exemple, le fonctionnement de cœur humain) pourrait être amélioré en utilisant une présentation dynamique. Or, les travaux concernant le bénéfice des animations dans la construction de modèles mentaux efficaces et précis sont décevants : les animations ne sont pas bénéfiques. En effet, les animations sont fugaces, le sujet ne sait pas où regarder, quoi regarder et quand ? Bref, les animations sont difficilement appréhendables par le système cognitif humain de traitement de l'information symbolique, mieux à même de traiter des séquences sous la forme d'étapes statiques discrètes. Dans ce domaine des recherches sont nécessaires sur les thèmes suivants :

#### - La multimodalité

Des études ont montré que lorsqu'un graphique complexe est présenté, le commentaire verbal d'accompagnement doit être présenté de façon auditive et non écrite. En effet, l'utilisation de l'audio libère l'attention visuelle qui peut se consacrer au graphique. A l'inverse l'utilisation de l'écrit provoquerait un effet de partage de l'attention visuelle (split attention effect) sur les deux sources graphiques et verbales. Cependant, d'autres études mettent en doute la généralité de ce principe: il semble que ce ne soit valide que lorsque l'apprenant n'a pas le contrôle sur le

rythme de la présentation et qu'avec un commentaire assez simple. La recherche consistera à explorer cette question.

- Les animations et la séquentialité

A quelles conditions une animation peut-elle être bénéfique ? Quand le sujet peut en contrôler le défilement pour la rendre plus appréhendable ? Le rôle des animations dans la conception et le traitement d'interface devra être étudié systématiquement.

- Les systèmes de contrôle par l'utilisateur

Ajouter un système de contrôle des objets de l'interface par l'utilisateur (via la souris de l'ordinateur par exemple) peut favoriser les mécanismes d'intégration de l'information durant les apprentissages et soutenir la construction de modèles mentaux efficaces et circonscrits. D'un autre côté, gestion d'un système de contrôle trop complexe peut constituer également une source de charge cognitive, en particulier chez le professionnel novice. Des recherches devront déterminer les systèmes et niveaux des contrôles les plus adaptés pour l'acquisition de compétences.

- L'interactivité

Peu de recherches ont été réalisées sur le rôle de propriétés d'interactivité avec l'interface. On peut par exemple penser que la connaissance préalable du domaine (expert contre novice) aura un effet sur l'utilisation par l'apprenant des propriétés d'interaction.

- Les représentations multiples

L'accès à plusieurs formes de représentation d'un même processus pourrait être favorable à la création chez l'apprenant de concepts de différents niveaux d'abstraction. De telles connaissances devraient faciliter la gestion de processus complexes et invisibles. Mais, multiplier les représentations peut entraîner un phénomène de confusion ou de surcharge. Les recherches pourraient se développer sur le thème des systèmes de liaison explicite (ou implicites) entre les différentes représentations.

- Les types d'images 2Dvs 3D, transparence et effets de zoom : le traitement d'images en trois dimensions doit également être étudié.
- Les feed-backs et les résultats de l'action : la possibilité d'apprendre à, partir des résultats de son action, en particulier pour des systèmes à long délai de réponse ou à risque peut s'avérer très bénéfique. C'est par exemple ce que montre une étude sur la taille de la vigne par des élèves viticulteurs qui utilisaient un simulateur écran fournissant l'état du pied de vigne trois mois après la taille lorsque les sarments avaient poussé.
- Les modalités sensorielles : l'interaction entre les différentes modalités sensorielles proposée par ces systèmes interactifs devra également être étudiée.

### *Progrès de méthodes*

Pour finir mentionnons les évolutions technologiques des outils d'investigation pour l'étude des compétences. Ces outils permettent de réaliser des études expérimentales mais aussi des

analyses « on-line » de processus cognitifs par exemple en utilisant des systèmes mobiles d'enregistrement des mouvements oculaires.

Parallèlement à ces évolutions permettant de pister l'activité de l'opérateur en formation, il sera également nécessaire de réfléchir à des méthodologies de « débriefing » après l'action qui permettent d'obtenir des données « fiables » sur l'activité réflexive de l'apprenant au cours du développement des compétences.

## **GTB : VIEILLISSEMENT, HANDICAP ET EXPÉRIENCE : CONCEVOIR EN TENANT COMPTE DES CHANGEMENTS ET DES DIFFÉRENCES.**

La Commission Européenne estime jusqu'à 15% la proportion des personnes qui présentent un handicap de nature cognitive, sensorielle ou motrice. La population âgée est concernée, car l'avancée en âge se traduit pour beaucoup de personnes par la confrontation à diverses situations de handicap. Dans l'Europe des 27, environ 16% de la population a plus de 60 ans, une proportion qui va encore fortement augmenter. Pour permettre une participation sociale active à ces populations, il apparaît indispensable de prendre en compte leurs spécificités dans la conception des infrastructures, des organisations, des services et des développements technologiques. En outre, les technologies nouvelles peuvent offrir à ces personnes d'importantes solutions palliatives. La psychologie ergonomique apporte dans ce domaine le point de vue de l'utilisateur.

Dans ce document, les problématiques du vieillissement et du handicap sont abordées conjointement à l'aide d'une approche « environnementale » du handicap qui stipule qu'une situation de handicap résulte de la combinaison de trois types de contraintes : celles liées à une activité, à un environnement et à un état fonctionnel. Les auteurs sont cependant conscients que les conséquences de ces deux phénomènes peuvent parfois être différentes.

### **1 - Thématiques actuelles/percées intéressantes**

*L'accessibilité et l'utilisabilité des technologies de l'information et de la communication par les handicapés et les personnes âgées.*

L'accès aux nouvelles technologies, leur utilisabilité, leur acceptabilité et leur adéquation au regard des besoins et des caractéristiques des personnes souffrant de limitations fonctionnelles est devenu un impératif dans notre société de l'information. Le développement de la *gérontechnologie* en témoigne. Diverses disciplines (robotique, mécanique, télématique) sont de plus en plus conscientes de l'importance des apports de la psychologie ergonomique pour représenter le point de vue de l'utilisateur, et souhaitent travailler en synergie avec notre communauté.

Du fait de la prévalence grandissante des maladies neurodégénératives dans la population (DTA, Parkinson, notamment<sup>2</sup>) et de la politique volontariste de soutien à la quotidienneté des personnes en situation de handicap, un secteur en fort développement concerne les technologies d'assistance et de compensation de la perte d'autonomie des personnes âgées et

---

<sup>2</sup> Incidence de 50% chez les plus de 85 ans pour la maladie d'Alzheimer (source : PAQUID)

handicapées visant à favoriser leur maintien au domicile.

Divers changements, démographiques, sociaux et technologiques incitent à accorder une attention spéciale aux conditions d'accès et d'utilisation par les seniors des services offerts par le Web. Les âgés rencontrent plus de difficultés pour naviguer sur Internet que les jeunes, en particulier dans la recherche d'informations. Les outils développés ne répondent que peu ou pas aux besoins spécifiques de cette population, en particulier les technologies portables qui permettent d'avoir en permanence un niveau d'information et de service équivalent à celui dont une personne peut disposer à son domicile. Face aux difficultés relevées, il est crucial d'identifier les barrières cognitives et sociocognitives à l'utilisation du WEB dans la phase d'apprentissage, ainsi que celles qui persistent ou émergent spécifiquement chez les utilisateurs âgés dans les phases ultérieures. Ce type d'étude requiert la collaboration entre chercheurs en informatique et en psychologie ergonomique.

#### *Le maintien dans l'emploi des seniors.*

Il s'agit là d'un thème majeur de l'actualité sociale, politique et économique de ces dernières années, du fait de la démographie et des réformes en cours (retraites, pénibilité du travail, prolongement de la vie active). Les bouleversements induits par les mesures politiques récentes ou à venir soulèvent de nombreuses questions dont l'ergonomie détient déjà les réponses pour certaines d'entre-elles et, pour d'autres, elle dispose des outils conceptuels et méthodologiques pour construire les nouvelles réponses attendues<sup>3</sup>. Les problèmes que soulève la nouvelle donne sont des problèmes d'organisation du travail, d'aménagement des postes, de conception de dispositifs techniques adaptés aux capacités et aux stratégies cognitives des utilisateurs âgés ou handicapés, d'accès à la formation, d'adaptation des méthodes aux besoins spécifiques des seniors.

#### *Effets des environnements professionnels sur le vieillissement cérébral.*

Les situations professionnelles sont les seules qui permettent de manipuler des quantités d'expositions et de pratique suffisamment importantes pour en étudier les effets à long terme sur les processus cérébraux et cognitifs. L'étude de leur influence est donc capitale pour comprendre les conditions d'un vieillissement cognitif réussi, et préciser le rôle de variables comme la pratique et l'expertise, ou celui de certaines expositions (neurotoxiques, par exemple). Des travaux récents ont identifié, parmi les influences professionnelles, des facteurs « capacitants » et « incapacitants » sur le plan du développement cérébral et cognitif à long terme (par ex. le rôle positif d'environnements professionnels riches ou le rôle négatif de la désynchronisation durable des rythmes biologiques). On a aussi besoin de mieux connaître comment les environnements de travail influencent le développement du sentiment d'auto-efficacité et l'aptitude à long terme à relever les défis cognitifs qui s'imposent dans le milieu professionnel.

#### *Le maintien de la mobilité pour les personnes âgées et handicapées.*

La mobilité est un des domaines où les barrières imposées par les limitations fonctionnelles sont les plus gênantes. Dans les pays de l'OCDE, le nombre des plus de 80 ans devrait

---

<sup>3</sup> On a besoin en particulier de recherches sur les contraintes de travail qui sont les plus pénalisantes et donc sélectives pour les opérateurs vieillissants, en fonction de leurs parcours et de l'usure professionnelle, et sur des stratégies d'adaptation leur permettant de rester performants, tout en préservant leur santé.

dépasser les 70 millions au cours des 25 ans à venir. La voiture reste un moyen de transport dont les personnes âgées se déprennent le plus tard possible. Les questions les plus actuelles sont les suivantes : Quels sont les mécanismes cognitifs particulièrement en cause dans les configurations d'accident spécifiques aux personnes âgées ? Quels sont les processus d'optimisation mis en place par les seniors et quel rôle joue la prise de conscience changements liés à l'âge ? Quels bénéfices peut-on attendre d'une formation plus régulière et des expériences de remédiation dans ce domaine ? Comment faire pour que les seniors bénéficient pleinement de l'aide apportée par les technologies embarquées ? Comment s'effectue leur appropriation de ces technologies ? Ces questions sont également pertinentes pour des conducteurs cérébrolésés qui présentent également des déficits cognitifs, notamment attentionnels, qui pourraient être compensés par des dispositifs embarqués.

Au-delà des seules applications à la conduite automobile, des travaux sont nécessaires pour mieux comprendre les difficultés de navigation dans les espaces publics pour divers types de personnes handicapées lors de leurs déplacements personnels et professionnels.

## **2 - Verrous scientifiques, techniques ou structurels dans notre champ de recherche**

*La tension entre validité interne et validité écologique (verrou scientifique).*

Cette tension est difficile, mais le refus de l'assumer conduit à de graves gaspillages : recherches pointues et expérimentalement irréprochables mais déconnectées des réalités et des besoins ; recherches attentives aux besoins mais méthodologiquement fragiles.

*La nécessité d'études spécifiques à côté de recherches plus générales (verrou lié à la stratégie de la recherche).*

Les incidences qu'ont les limitations perceptives et cognitives liées à l'âge ou au handicap sur la conception des nouvelles technologies de l'information et de la communication ne se déduisent pas forcément des recherches fondamentales. Elles nécessitent des recherches expérimentales et des approches méthodologiques qui sont spécifiques des besoins, des difficultés et des modes opératoires réellement mis en œuvre par les populations concernées lors de l'utilisation de ce type d'outils. Les composantes sociocognitives et affectives des conduites réelles des utilisateurs vieillissants ou handicapés sont également incontournables et encore très mal connues (stéréotypes sociaux plus ou moins intériorisés, anxiété d'apprentissage, biais de représentation, etc.).

*Les difficultés d'accès aux populations d'étude (verrou technique).*

Nous avons besoin à cet égard d'une plus grande coopération des entreprises, d'un relais de la part des services de l'état ou des collectivités territoriales, d'une aide technique au sein des universités, d'une aide à la constitution et au suivi de cohortes partagées.

*La réalité virtuelle comme outil écologique de diagnostic et de rééducation des handicaps liés (ou non) au vieillissement (verrou scientifique).*

Plus le dépistage du vieillissement pathologique est précoce, plus la prise en charge thérapeutique est efficace. Mais les outils d'évaluation du handicap cognitif sont encore d'une grande pauvreté. En conséquence, il est primordial de disposer d'outils d'évaluation étant à la fois écologiques pour sonder le handicap, c'est-à-dire en lien avec les activités réelles de la

personne âgée, mais aussi structurels, c'est-à-dire identifiant les fonctions cognitives altérées. Le développement d'applications en Réalité Virtuelle (RV) remplit ces deux objectifs cliniques de l'évaluation cognitive. La principale difficulté à surmonter est d'intégrer dans la conception des interfaces Patient-Application RV, les besoins et caractéristiques de l'« utilisateur ».

*La dispersion des recherches sur le handicap (verrou structurel).*

La dispersion des recherches sur le handicap dans plusieurs communautés disciplinaires (psychologie, ergonomie, informatique, robotique, mécanique, etc.) rend difficile l'identification et la mise en synergie des compétences.

### **3 - Quelles nouvelles interfaces développer à l'avenir ?**

Compte tenu du développement de nombreuses technologies au service de la santé et de l'autonomie, il serait important de créer davantage de passerelles entre la psychologie ergonomique et les sciences médicales (santé publique, épidémiologie, médecines de réadaptation et du travail, par ex.).

### **4 - Enjeux sociétaux et de valorisation**

*Le maintien dans l'emploi des seniors.*

Cette question répond à une actualité brûlante dans les systèmes de production du fait des mesures incitant à la prolongation de la vie active, ce qui soulève de nombreuses difficultés en matière d'organisation du travail, de conception des postes et de formation tout au long de la vie.

*La promotion d'un vieillissement réussi*

Le coût économique et social d'une qualité dégradée du vieillissement est lourd pour nos sociétés. La démonstration n'est plus à faire que les expériences professionnelles influencent fortement le développement dans le dernier tiers de la vie des aptitudes cognitives, sensorielles, motrices. La psychologie ergonomique contribue aussi à identifier les facteurs favorables au vieillissement des personnes handicapées.

*Le maintien à domicile des personnes âgées*

Pour favoriser le maintien à domicile des personnes âgées (90% actuellement selon l'INSEE), le rôle de l'ergonomie, appliquée à l'environnement domestique et aux technologies d'assistance, est primordial, autant pour les usagers que pour les professionnels qui interviennent au domicile. Les collectivités territoriales sont désormais légalement incitées à œuvrer dans ce sens. Des métiers nouveaux sont en train d'émerger pour assister humainement et par la technique ce maintien à domicile<sup>4</sup>.

---

<sup>4</sup> À l'IUT de Blagnac (Université Toulouse le Mirail), une formation pionnière à cet égard vient d'être créée à la rentrée 2008. Elle s'intitule 2A2M (Aide et Assistance pour le Monitoring et le Maintien à domicile).

### *Le maintien de la mobilité*

L'enjeu des recherches en psychologie ergonomique concernant la mobilité et les transports est de préserver la capacité à se déplacer par soi-même le plus longtemps possible, tout en assurant la sécurité pour soi et pour les autres.

## **GTC : ASPECTS INTENSIFS : ÉMOTIONS, CHARGE MENTALE, VIGILANCE**

Les aspects dits intensifs des activités humaines complexes en situation naturelle, notamment les situations de travail, recouvrent les phénomènes psychologiques qui, comme les émotions et la charge mentale, relèvent de fluctuations de l'état interne du sujet en activité qui peuvent varier en intensité et qui vont avoir une incidence sur l'engagement du sujet et la mobilisation de ses ressources pendant cette activité. Ces fluctuations de l'état interne du sujet se retrouvent dans tout type d'activité et vont avoir un impact sur différents processus (ex. : prise de décision, coopération, comportement en situation à risque, résolution de problème). Du point de vue de l'évolution sociale de l'organisation et de l'environnement de travail, l'intensification du travail va accentuer la nécessité de considérer ces phénomènes émotionnels et de charge mentale.

Emotions et charge mentale vont jouer sur la qualité et la nature de l'activité, et sont au cœur de la problématique de la performance humaine et du confort psychologique du sujet. Il s'agit d'expliquer comment ils pèsent parfois sur l'activité lorsqu'ils constituent des contraintes, mais aussi comment les émotions et la régulation de la charge mentale et attentionnelle ont souvent une incidence positive sur l'activité car ils sont constitutifs de la motivation et de la propension à agir, ou au contraire de la résistance, voire de l'impossibilité à réaliser l'activité visée.

### **1 - Émotions et activité humaine**

De nombreuses études sont menées en situation artificielle sur les liens entre cognition et émotions (e.g. Scherer, Rimé, Frijda en Europe ; Isen, Lazarus, Ekman aux États-Unis) mais les travaux sur les émotions en situation de travail et autres activités complexes sont encore peu développés. Pourtant, un résultat important des sciences cognitives modernes est la démonstration que l'émotion est nécessaire à l'optimisation des processus décisionnels en situation complexe (cf les travaux de Damasio), et qu'elle oriente également la mémorisation, l'attention, l'interaction avec autrui ou le jugement. Ces résultats ouvrent donc la voie à une investigation des mécanismes par lesquels, en situation réelle, l'émotion (dans son acception étendue incluant les émotions de base, comme par exemple la peur, la surprise, la joie, la colère, mais aussi des sentiments plus complexes comme la confiance/méfiance ou le stress) est partie intégrante et agissante de l'activité humaine. L'émotion est un signal mais aussi un moteur pour l'activité qu'elle oriente, module et infléchit.

Les états affectifs sont dépendants de la situation et de ce qu'elle signifie pour le sujet agissant, c'est donc bien par une interaction sujet-milieu qu'ils se déploient. Il est important pour l'ergonomie et les sciences cognitives de préciser ces facteurs contextuels (organisationnels, artéfactuels, interpersonnels ou autres) qui sont facteurs d'émotion. Qu'est-ce qui, dans l'action ou dans l'interaction, qu'elles soient médiées ou non par un instrument, génère du confort ou de l'inconfort émotionnel ? Comment le sujet procède-t-il lorsqu'il évalue un événement comme positif ou négatif ?

Il faut également préciser l'impact des émotions sur les processus cognitifs et sur l'action. Par exemple comment gère-t-on différemment le risque ou l'incertitude selon que l'on est dans un état calme ou apeuré ? A-t-on des raisonnements et modes d'action particuliers face à un client ou collègue qui nous menace ou au contraire rend l'interaction agréable ? Quel usage fait-on des dispositifs selon qu'ils génèrent du confort ou de l'inconfort émotionnel ?

Il s'agit enfin de comprendre les stratégies d'adaptation (coping) que les sujets mettent en œuvre, et qui peuvent être développées par ailleurs pour les aider à gérer les situations émotionnelles de travail ou d'usage de technologies nouvelles qu'ils ne maîtrisent pas toujours d'emblée. Ces stratégies d'adaptation sont importantes vu les répercussions bien connues maintenant des émotions négatives sur la santé physique et mentale (des troubles du sommeil aux atteintes cardiovasculaires).

L'analyse de cette dimension émotionnelle est importante pour pouvoir fournir des pistes ergonomiques de recommandations et d'actions, par la conception de systèmes d'aide ou de changements organisationnels. Elle peut constituer une base de réflexion pour améliorer des conditions potentiellement néfastes à l'action. On pense aux situations de relations de service où la gestion des états affectifs est parfois délicate et coûteuse, mais aussi aux situations de travail collaboratif (négociation et prise de décision collective ; créativité qu'on sait liée aux affects), aux situations à risque et aux situations d'usage de nouvelles technologies.

Les aspects affectifs de l'activité, de nature interne et privée, nécessitent le développement de méthodes spécifiques qui allient des descriptions verbales subjectives et des mesures de comportements (expressifs et physiologiques notamment) rendant compte de leur nature à la fois cognitive et corporelle, consciente et partiellement non-conscientisée.

## **2 - Charge mentale, sentiment d'effort et activité**

La charge mentale, subjective ou non, est un concept ancien dont l'intérêt tient à son utilité sociale. En fait, depuis longtemps, la quasi-totalité des chercheurs qui s'interrogent sur le statut de ce concept s'accordent sur le fait qu'il pose problème. Néanmoins, malgré des critiques fortes et récurrentes, il suscite toujours une activité scientifique considérable qui en démontre sans ambiguïté l'utilité sociale. Ceci est particulièrement vrai si l'on considère que les nouvelles pratiques professionnelles mais aussi des métiers nouveaux comportent très largement en eux-mêmes les éléments contributeurs d'une charge de travail importante, voire excessive, et en particulier d'une charge mentale ou attentionnelle. Le recours de plus en plus fréquent et régulier aux technologies informatiques de communication et de gestion des informations, l'irruption quasi-habituelle de l'urgence dans l'organisation des tâches, la surabondance, voire la redondance, des informations, les rythmes de travail décalés et la pression temporelle, contribuent très largement à créer de la charge de travail mais aussi à réduire le degré de liberté dédié à la réalisation des tâches. Le travail en multi-tâches, les interruptions intempestives pour répondre à l'urgence, le travail collaboratif, les délais impossibles à tenir, les décisions hâtives sont autant d'exemples de ces situations de forte contrainte cognitive qui vont jouer sur l'état émotionnel, de vigilance, de charge attentionnelle et cognitive.

Un outil fiable de mesure de la charge mentale, qui reste à définir, pourrait donc permettre d'aménager l'organisation du travail de manière à réduire les accidents, réduire l'inconfort et les tensions ressenties par les travailleurs, et par là même accroître le bien-être et l'efficacité au travail.

Par ailleurs, la dimension subjective liée à la façon dont la charge peut être ressentie, ainsi que ses effets sur les modes opératoires (changement de mode et/ou changement de normes pour réduire la tension) incite à considérer cette notion relativement à la gestion des ressources dont dispose l'opérateur. Nous pensons que les recherches sur la charge mentale devraient s'attacher, d'une part, à comprendre l'origine du sentiment d'effort et, d'autre part, à comprendre comment ce sentiment est utilisé pour la régulation des modes opératoires, c'est-à-dire comprendre comment s'articulent le sentiment d'effort et l'activité. La notion d'effort collaboratif est également une dimension intéressante à développer pour l'évaluation des systèmes d'aide à la coopération.

Afin de modéliser la charge mentale, un axe de recherches récent vise à combiner des simulations de l'architecture cognitive humaine avec des simulations d'environnements de travail pour modéliser la charge mentale. Un autre axe consiste à mobiliser des techniques mathématiques pour l'intégration des dimensions de la charge en une valeur globale, pouvant éventuellement agréger des indices objectifs et subjectifs. Comme pour les émotions, on doit ici combiner des indicateurs comportementaux, des indicateurs relatifs à la réalisation des tâches, et des évaluations subjectives.

Enfin, une charge mentale ou attentionnelle excessive est souvent liée à des émotions négatives et ces deux types de phénomènes méritent donc, dans certains contextes d'activités (comme la multiplication des systèmes d'aide ou d'information, par exemple dans le secteur automobile ou bureautique) d'être travaillés conjointement pour leur impact sur la cognition et l'action.

## **GTD : THÉORIES ET MÉTHODES**

### *Thématiques actuelles et percées intéressantes*

À côté des thématiques traditionnelles de l'ergonomie cognitive (par exemple, supervision et contrôle de processus, conception d'IHM et de systèmes d'information, conception de produit, formation et compétences, fluctuations chronobiologiques), émergent des thématiques qui ne sont pas récentes en elles-mêmes, mais qui ont été récemment réinterrogées par la psychologie ergonomique. C'est notamment le cas des questions relatives :

- aux aspects émotionnels du travail,
- aux dimensions collectives des situations finalisées,
- aux compétences sensori-motrices.

### *Quelques questions primordiales*

Il a souvent été reproché aux études faites en psychologie ergonomique d'adopter stricto sensu le cadre du traitement de l'information décrit par Newell et Simon et de privilégier ainsi les composantes symboliques des activités, au détriment des autres composantes d'une situation (composantes interactionnelles, organisationnelles et psychiques, ainsi que subsymboliques).

Les travaux menés dans le GDR Psycho-Ergo, montrent que ce reproche ne peut plus être fait à la psychologie ergonomique. L'essor de thématiques liées à la prise en compte des aspects émotionnels dans l'activité de travail, des questions liées au développement des compétences et au vieillissement ou des habiletés sensori-motrices mises à l'œuvre dans l'immersion en

réalité virtuelle traduit la vocation de la discipline à rendre compte de toutes les dimensions de l'activité humaine.

Pour autant, l'articulation entre ces diverses dimensions est loin d'être acquise dans les modèles produits par les psycho-ergonomes. Les travaux menés dans le GDR permettent d'avancer sur ce point, en rendant compte des diverses dimensions de l'activité humaine dans les modèles produits par l'ergonomie cognitive.

*Verrous*

- Verrou 1 : parvenir à articuler l'individuel et le collectif

Presque toutes les thématiques abordées aujourd'hui par la psychologie ergonomique font état des tentatives actuelles de cette discipline d'articuler dans leurs modèles les dimensions individuelles et collectives du travail. Mais on constate que les résultats obtenus sont encore partiels et que les concepts et méthodes invoqués sont en voie d'être précisés. En effet, l'articulation entre les dimensions individuelles et collectives des activités humaines reste problématique, du fait de l'entrecroisement des facteurs et du fait de la nature des méthodes à utiliser.

Les facteurs sociaux doivent impérativement être considérés par la psychologie ergonomique, notamment quand l'activité étudiée ne se déroule pas isolément d'autres acteurs et quand elle s'appuie sur des connaissances largement transmises par la société ou par des communautés de travail.

Mais on court le risque de confondre les niveaux d'analyse qui absorberait la discipline dans une sociologie du travail, certes parlant quelquefois le même langage, mais à propos de mécanismes de niveaux différents et étudiés avec des méthodes différentes.

- Verrou 2 : élaborer de nouvelles méthodes

L'élaboration de nouvelles méthodes est en plein essor, notamment dans trois domaines de recherche (naissants ou renaissants) :

- celui des habiletés perceptives et sensorielles ou des routines complexes dont l'étude nécessite des méthodes non invasives, afin de ne pas détruire l'objet visé (ex. : analyse des mouvements oculaires) ;
- l'usage judicieux des productions verbales valides quant aux indices non invasifs et non déformés qu'elles fournissent pour modéliser l'activité : il s'agit par exemple des méthodes de verbalisation visant à documenter l'expérience vécue des sujets et utilisateurs, comme l'entretien d'explicitation et d'auto-confrontation, mais aussi de l'analyse des verbalisations spontanées au cours du déroulement de l'activité ;
- la question de la mesure de la charge mentale de travail ; l'ergonomie a pendant longtemps considéré comme difficile, voire impossible, cette mesure, privilégiant l'analyse des activités pour rendre compte de leur charge ; aujourd'hui, on tente d'établir diverses méthodes en cherchant à agréger indices objectifs et subjectifs.

- Verrou 3 : La notion de validité écologique

La notion de validité écologique est au centre des préoccupations des recherches en psychologie ergonomique. On constate cependant que ce critère traverse les recherches

actuelles de façon implicite dans la plupart des cas. On devrait vérifier de manière plus explicite et plus systématique que cette validité est avérée dans les études que nous menons. La question des critères de validation adoptés en psychologie ergonomique est encore mal maîtrisée. Or on note trop rarement encore des réflexions épistémologiques à ce sujet. Il n'est en particulier pas toujours clair de savoir si les modèles produits sont des modèles de compétence ou des modèles de performance.



## **B. Interfaces et secteurs d'application :**

**les sciences cognitives dans la  
société**



**Apprentissage et éducation**



# Résultats de l'atelier de réflexion prospective sur les EIAH (programme PIRSTEC)

*par P. Tchounikine (atelier 1)*

*Ce document synthétise les résultats de l'atelier de réflexion prospective sur les EIAH (Environnements Informatiques pour l'Apprentissage Humain) qui s'est tenu dans le cadre du programme ANR PIRSTEC (Prospective Interdisciplinaire en Réseau pour les Sciences et TEchnologies Cognitives ; Thème « Apprentissage et Cognition » - Atelier pilote n°1).*

Référence : « Résultats de l'atelier de réflexion prospective sur les EIAH (programme PIRSTEC) », P. Tchounikine (rédacteur), septembre 2009.

Contact : Pierre Tchounikine, Université Grenoble 1 (Pierre.Tchounikine@imag.fr)

## 1. Le domaine

La demande de technologies pour l'éducation, la formation, et plus largement l'apprentissage humain sous toutes ses formes s'est largement développée avec des exigences d'adaptabilité, de flexibilité et d'efficacité qui soulèvent des problèmes d'une grande diversité mais avec toujours à leur cœur la question des processus cognitifs en termes de conceptualisation, de construction du sens et d'acquisition de savoir-faire. Les principaux problèmes s'organisent autour de la question du passage des modèles et des concepts des sciences cognitives à leur mise en œuvre dans des dispositifs informatiques, de la question d'ingénierie des situations permettant les apprentissages et d'évaluation de l'efficacité des technologies dans les divers contextes d'usage à l'école ou sur le lieu de travail, pour satisfaire des besoins privés ou professionnels, par des sujets aux compétences et aux besoins d'une grande diversité (de l'enfant à la personne âgée, sous la contrainte d'handicaps ou de pathologies cognitives ou motrices).

Le terme utilisé actuellement pour désigner les systèmes construits (et, par extension, le domaine de recherche) est EIAH pour Environnements Informatiques pour l'Apprentissage Humain. Un EIAH est un environnement informatique conçu dans le but de favoriser l'apprentissage humain, c'est-à-dire la construction ou le développement de connaissances chez un apprenant.

## 2. L'atelier

L'objectif de l'atelier était de mettre à jour le programme scientifique du domaine en identifiant les thématiques clés et les verrous.

L'atelier a été organisé par le comité scientifique suivant : Pierre Tchounikine (LIG, Université Grenoble 1, porteur), G. Antoniadis (LIDILEM, Grenoble 3), M. Baker

(MODYCO, Paris 10), M. Bétrancourt (TECFA, Uni Genève), B. David (LIESP, Ecole Centrale de Lyon), S. Garlatti (Télécom Bretagne, Brest), M. Grandbastien (LORIA, Nancy), J.M. Labat (LIP6, Paris 6), K. Lund (ICAR, CNRS, Lyon), A. Mille (LIRIS, Lyon 1), J.-C. Marty (Université de Savoie), J.-F. Rouet (CeRCA, Poitiers), A. Tricot (IUFM, Toulouse), L. Trouche (INRP, Lyon), E. de Vries (Lab Sciences de l'éducation, Grenoble 2).

Les membres du comité ont lancé un certain nombre d'invitations vers des collègues d'autres laboratoires universitaires afin d'assurer une représentativité nationale, ainsi que vers des personnes à l'interface de la recherche et des usages sociaux et économiques, des pôles de compétitivité et des représentants des utilisateurs finaux

L'atelier s'est tenu à Grenoble (accueil par l'équipe MeTAH du laboratoire LIG) les 4, 5 et 6 mai 2009.

La liste des présents était :

- Pour le Pirstec : N. Balacheff
- Membres du comité scientifique : P. Tchounikine (LIG, Grenoble 1), G. Antoniadis (LIDILEM, Grenoble 3), M. Bétrancourt (TECFA, Uni Genève), B. David (LIESP, Ecole Centrale de Lyon), S. Garlatti (Télécom Bretagne, Brest), M. Grandbastien (LORIA, Nancy), J.M. Labat (LIP6, Paris 6), K. Lund (ICAR, CNRS, Lyon), A. Mille (LIRIS, Lyon 1), J.-C. Marty (Université de Savoie), E. de Vries (Lab Sciences de l'éducation, Grenoble 2).
- Invités représentants de laboratoires Universitaires : C. Choquet (Le Mans), T. Nodenot (Bayonne), J.M. Boucheix (Dijon), J. Ph Pernin et V. Luengo (Grenoble).
- Invités à l'interface recherche et usage social et économique, pôles de compétitivité et représentants des utilisateurs finaux : V. Sallaz (entreprise Daesign, Serious Games), D. Chêne (entreprise Orange labs), B. Cornu (CNED), M. Macedo-Rouet (CNDP et son agence des usages des TICE), I. Papadopoulos (entreprise Apple).

### 3. La démarche

Le domaine étant intrinsèquement pluridisciplinaire, le comité scientifique et la liste des invités ont été construits afin de former un groupe où étaient notamment représentées l'informatique, la psychologie, les sciences de l'éducation, les sciences de l'information et de la communication et les sciences du langage.

Afin de traiter des questions scientifiques dans leur complexité, les discussions et travaux ont abordé le domaine en soi et non uniquement son versant sciences cognitives.

L'atelier s'est organisé de la façon suivante :

- Demi-journée #1 : tour de table, identification des questions clés.
- Demi-journée #2 : travail en atelier sur les points ayant émergés (3 ateliers en parallèle).
- Demi-journée #3 : restitution des ateliers, échanges.
- Demi-journée #4 (comité scientifique uniquement) : première structuration du document.

Le document final a été construit sur la base des résultats des ateliers et de la première synthèse établie lors de la quatrième demi-journée, par des échanges avant et après la rencontre entre les membres du comité scientifique, puis plus largement entre les participants à l'atelier. Une présentation succincte a également été proposée publiquement lors de la conférence nationale de référence du domaine (conférence EIAH, Le Mans, 23-26 juin 2009).

## 4. Premier résultat : éléments généraux

### Relation au monde institutionnel et industriel

Afin de mieux cerner le contexte actuel, les participants à l'atelier ont notamment cherché à recueillir et à travailler sur les éléments émanant des invités à l'interface de la recherche et des usages sociaux et économiques et des représentants les utilisateurs finaux. Ces discussions ont notamment conduit à mettre en évidence les points suivants :

1. Les institutions sont convaincues de l'intérêt d'utiliser les TICE. Il existe un marché institutionnel (Ministère, CNED, Universités, etc.) et industriel (nombreuses entreprises de différents niveaux, de PME développant des « Jeux sérieux » (« serious games ») aux acteurs de haut niveau comme Microsoft ou Apple, pour qui l'éducation est l'un des 3 marchés clés). Les entreprises, comme les institutions, ont cependant des difficultés à s'appuyer sur les travaux de recherche, notamment en raison des cycles courts dans lesquelles elles sont impliquées. Il serait utile que les travaux de recherche aient une coloration « aide à la décision », puissent informer les travaux d'ingénierie et de réingénierie et proposer des recommandations. Il ne s'agit pas nécessairement de recherches applicatives, mais de recherches ayant une dimension prescriptive : les laboratoires de recherche n'ont pas les moyens de changer les structures ni les pratiques, mais peuvent être prescriptifs ou du moins contribuer à éclairer les décisions.
2. Il est nécessaire d'identifier et de traiter les problématiques de recherche et de développement liées à la banalisation de l'usage des TICE (Technologies de l'Information et de la Communication dans l'Enseignement). Par exemple, Apple est très intéressé à comprendre comment les enseignants utilisent (et font utiliser) les TICE et comment les usages des élèves évoluent, les évolutions des rôles des enseignants, la façon dont les élèves apprennent à utiliser des connaissances (etc.) pour concevoir leurs futurs systèmes (cf. *infra* section « évolutions récentes »).
3. La question de l'évaluation est centrale. La recherche doit montrer ses résultats (notamment : pour étayer ses prescriptions). Il est important de disposer de moyens permettant de comprendre quand et pourquoi et comment les apprentissages prennent place. A ce niveau, le constat est que le manque d'évaluation des travaux est très largement dû au fait que la plupart de ces travaux ne sont pas fondés sur (ou ne peuvent pas être reliés à) des cadres théoriques explicites.
4. De façon générale, les collaborations recherche/industrie doivent prendre place au bon niveau : si la recherche est trop fondamentale elle est probablement trop difficile à exploiter, si elle est trop près des applications effectives les acteurs de la recherche n'ont en général pas les forces pour être des acteurs de premier plan.

### Évolutions récentes

Le domaine des EIAH est abordé depuis de nombreuses années. Il a cependant subi de nombreuses évolutions liées à la fois à (1) l'évolution très rapide des technologies (hypertextes, systèmes à base de connaissances, technologies collaboratives, réalité virtuelle et augmentée, informatique mobile et ambiante, technologies haptiques, télévision interactive, etc.), (2) l'évolution – tout particulièrement dans la période actuelle – des usages (banalisation de l'accès aux ordinateurs, émergence d'internet, émergence du Web 2.0, etc.) et (3) l'évolution des théories ou cadres conceptuels (théories de la cognition, de l'apprentissage, de l'activité). Ces évolutions expliquent que d'anciennes problématiques se renouvellent et que d'autres apparaissent.

Parmi les évolutions récentes majeures ont été plus particulièrement relevées :

- Le développement et l'utilisation de ressources diverses (Wikipédia, YouTube, documents divers en ligne, etc.), dont de plus en plus ne sont pas conçues pour un usage pédagogique.
- Le basculement technologique : les utilisateurs (enseignants, élèves) n'attendent pas de recevoir la technologie, pour une large part ils arrivent avec leur propre technologie et sont à la recherche de services (ce qui, par ailleurs, pose des problèmes techniques comme l'interopérabilité avec les systèmes techniques institutionnels).
- L'émergence de communautés d'enseignants, qui utilisent et développent des EIAH.
- L'évolution du métier des opérateurs institutionnels (CNED, Universités, etc.), où l'activité de production de ressources laisse de plus en plus place aux activités de service associées aux ressources (tutorat, etc.), ce qui amène par ailleurs à des questionnements sur la forme, la structure et l'organisation de ces ressources.

### Conséquences des évolutions récentes

Parmi les conséquences de ces évolutions ont été plus particulièrement notés les points suivants :

- Les EIAH ne concernent plus uniquement des domaines scolaires bien formalisés : il y a une émergence et une prise d'importance de domaines qui sont peu formalisés (dans le contexte de la formation professionnelle notamment), et où apparaissent de nouveaux types de connaissances (par exemple, gestuelle ou perceptuelle).
- De façon générale, l'évolution des technologies et des usages amènent à un renouvellement des situations d'interactions humain-machine, apprenant-connaissance et humain-humain (évolution de la nature du contexte avec les technologies mobiles, etc.).
- L'évolution des usages et des contextes d'usages amène à des situations d'apprentissages ayant des caractéristiques spécifiques qui doivent être prises en compte, en particulier :
  - Situations d'apprentissage informelles, par opposition aux situations formelles (i.e., structurées et institutionnalisées).
  - Situations où se développent des apprentissages inattendus (apprentissage de choses qui n'étaient pas attendues ni organisées), par opposition<sup>5</sup> à des situations d'apprentissage liées à un objectif d'apprentissage.
  - Situations où se développent des apprentissages implicites (dont l'apprenant n'a pas conscience), par opposition aux situations explicites (i.e., dont l'apprenant a conscience).

De façon générale, la nécessaire pluridisciplinarité des travaux a été réaffirmée, ainsi que le regret que cette pluridisciplinarité soit largement reconnue comme nécessaire mais toujours rendue difficile par les structures.

---

<sup>5</sup> Il s'agit ici de mettre en évidence le développement de situations qui ne sont pas fondamentalement orientées et conçues par rapport à un objectif d'apprentissage précis. Il faut cependant remarquer que, même dans des situations liées à un objectif d'apprentissage précis, il peut se développer des apprentissages inattendus.

## 5. Second résultat : liste de thèmes/problématiques

Dans le cadre du contexte présenté ci-dessus, les travaux ont conduit à identifier une liste de problématiques clés du domaine. Cette liste ne se veut pas exhaustive des questions scientifiques du domaine, elle a la légitimité et la pertinence intrinsèques à son processus d'élaboration et à la représentativité des participants à l'atelier : première synthèse au sein du comité scientifique, puis diffusion pour commentaires et modifications au sein des participants de l'atelier.

Les problématiques identifiées sont regroupées en 4 thèmes pour plus de lisibilité.

### **THEME 1 : nouveaux contextes et nouvelles formes d'interaction qui émergent de l'utilisation des évolutions technologiques et de leurs usages**

#### ***Etude des nouvelles formes d'interaction du point de vue de l'enseignement et la formation***

Les nouvelles technologies (Web 2.0, wikis, technologies mobiles, réalité virtuelle et augmentée, etc.) créent des contextes au sein desquels se développent de nouvelles formes d'interaction et de nouveaux types de dispositifs d'enseignement et d'apprentissage (jeux sérieux ; communautés de pratiques et FAQ, Knowledge Management ; etc.). Il s'agit d'étudier les nouvelles situations d'apprentissage liées à ce que permettent ces technologies (et ce qu'elles ne permettent pas) :

- identifier les opportunités qu'offrent les technologies (RFID et mobilité pour l'apprentissage situé, interfaces haptiques dont les interfaces tangibles pour l'apprentissage de gestes, etc.) ;
- identifier les éléments à modéliser pour exploiter/gérer les nouvelles formes d'interaction qui se créent dans les contextes que permettent ou qui se développent en lien avec ces technologies ;
- identifier les types de connaissances et d'activités impliquées, et les liens entre les propriétés de l'artefact et les apprentissages que l'on peut viser (par exemple, dans un cadre de mobile learning, les apprentissages factuels « juste à temps », liés à un besoin ponctuel comme une aide à la tâche, et leur articulation avec des apprentissages conceptuels) ;
- identifier les phénomènes associés à ces nouvelles formes d'interaction, par exemple les aspects temporels (caractère éphémère des situations ; activités prenant place par intermittences, par exemple en raison du caractère mobile de la situation) ou liés à la tangibilité.

#### ***Etude des articulations entre différents types de situations d'apprentissage***

Le fait que les EIAH ne concernent plus uniquement des domaines scolaires bien formalisés et que se développent des situations d'apprentissages formelles et informelles, des apprentissages inattendus et/ou implicites nécessite d'étudier les articulations entre ces différentes situations et apprentissages :

- étude des croisements, des passages, des articulations, des conflits entre apprentissage attendus et inattendus, entre apprentissages implicites et explicites, entre situations d'enseignement formelles et informelles ;
- articulation des technologies et pratiques institutionnelles (plateformes de formation, curriculum, etc.) et les technologies et pratiques de l'apprentissage informel (téléphone, Web2.0, FAQ, jeux sérieux, échanges sociaux, etc.) ;
- processus et technologies pour aider ou encadrer les apprentissages associés à l'exploitation de ressources diffusées sur le net, enrichissement des services ;

- processus d’accompagnement pour faire émerger, mettre à l’épreuve et éventuellement rendre explicite les connaissances implicites, pour donner conscience des apprentissages réalisés (réflexivité, socialisation, etc.), pour donner du sens aux apprentissages informels (qualité, cohérence, sémantique), pour faire le lien entre apprentissages inattendus et objectifs d’apprentissage explicites ;
- étude des articulations et des tensions entre apprentissages et les nouveaux contextes où ils prennent place (la dimension du jeu dans les jeux sérieux, la dimension sociale dans l’apprentissage collaboratif, les aspects liés à la mobilité, etc.) ;
- renouvellement des questions de la transférabilité, de la décontextualisation, de l’institutionnalisation.

### ***Etude des modalités et dispositifs de support aux apprenants***

Les situations au sein desquelles sont plongés les apprenants les amènent à faire face à de nouvelles activités, à de nouvelles compétences. Il s’agit de comprendre ces éléments, et d’étudier les caractéristiques pertinentes des dispositifs techniques pour supporter les apprenants et prendre en compte leurs comportements :

- étude des modalités de couplage dynamique de l’apprenant avec son contexte (accessibilité, adaptabilité) et de ses dimensions temporelles ;
- gestion des aspects non-prévus dans le design (prise en compte de la dimension « ouverte » des situations d’apprentissage) ;
- modèles et technologies visant à structurer l’activité au sein de ces nouveaux contextes (outils de communication ou de perception support à l’interaction) ;
- aide à la gestion du multimédia et de la multimodalité : part du contrôle utilisateur et du contrôle système, dimensions liées aux nouvelles modalités permises par les technologies (prise en compte des gestes et regards dans les situations de communication, etc.), etc. ;
- étude et prise en compte (outils supports, etc.) des nouvelles compétences mises en jeu et/ou nécessaires des apprenants : gestion de ressources diverses, gestion de l’autonomie, etc. ;
- gestion de services pédagogiques proposant une valeur ajoutée aux technologies / ressources disponibles.

## **THEME 2 : Connaissances et nouveaux types d’accès et d’interactions avec les connaissances**

Les questions fondamentales de l’identification, de la modélisation et de la représentation des connaissances enjeu d’apprentissage sont renouvelées par l’émergence de contextes et de types de connaissances nouveaux, ainsi que celles de leur enseignement.

### ***Identification, modélisation et représentation des connaissances***

- questions spécifiques que posent les domaines peu formalisés (contexte de la formation professionnelle par exemple : analyse des activités pour identifier les compétences cibles, etc.) ;
- prise en compte de nouveaux types de connaissances : connaissances gestuelles, connaissances sensorielles, etc. ; distinction entre inscriptions

textuelles des connaissances et connaissances dans l'interaction ; connaissances tacites ;

- étude des questions liées aux représentations externes (en tant qu'objet tangible, que système sémiotique) des différents acteurs (enseignants, formateurs, élèves) ;
- invention de nouveaux systèmes sémiotiques liés à la conception des EIAH ; systèmes sémiotiques de l'expert, de l'enseignant, de l'informaticien, de l'apprenant : représentation, correspondances, passages ;
- représentation et modélisation informatique : problème du passage d'une représentation à une autre représentation, à plusieurs autres présentations ; plasticité de la représentation des connaissances en fonction de l'apprenant et de ses modalités d'accès (dimensions du handicap, accessibilité en situation mobile, etc.) ; question de l'impact du changement des modalités d'accès ou des IHM sur la représentation des connaissances au sein du système.

### ***Connaissances, apprentissage et enseignement***

- passage de la phase d'identification des connaissances au problème de leur enseignement, problème de la transposition (situation formelles/informelles, apprentissages implicites/explicites, etc.) ;
- étude de l'impact des nouvelles situations d'apprentissage et des nouvelles formes d'interactions sur la représentation et la construction des connaissances par l'apprenant ; compréhension que vont développer les utilisateurs de ces représentations externes.

## **THEME 3 : Ergonomie, analyse et évaluation des dispositifs**

### ***Approche de conception ergonomique centrée-apprentissage***

- étude des phénomènes d'appropriation des dispositifs par les différents acteurs (enseignants, apprenants, tuteurs) : représentations des acteurs, etc. ;
- propriétés technologiques d'adaptivité des artefacts ;
- phénomènes liés à l'adaptabilité des IHM : part de l'IHM (matérielle, logicielle, fonctionnelle) dont la gestion peut être déléguée à l'utilisateur ; questions liées au maintien de la sécurité, de la cohérence fonctionnelle, de la cohérence de la tâche, etc.
- processus de conception (conception participative et itérative prenant en compte les processus d'appropriation, les caractéristiques du contexte et l'émergence de nouveaux usages, etc.) ;

### ***Analyse de l'activité, analyse des traces***

- représentation et interprétation des traces d'activité ;
- support à l'exploitation des traces par l'enseignant ;
- support à l'analyse réflexive des traces par les apprenants.

### ***Evaluation et validation***

- théories, modèles, techniques d'évaluation des dispositifs : évaluation des apprentissages (dans la variabilité des situations), évaluation des dispositifs (quels que soient les niveaux) ;

- problème de la validation (capacité d'un agent externe d'avaliser le fait que ce qui se produit est ce qui a été visé) ;
- validation des résultats de recherche, conditions de la capitalisation des connaissances.

#### **THEME 4 : Compréhension et prise en compte des phénomènes liés aux transformations des métiers et structures institutionnelles de l'enseignement**

##### ***Evolution des métiers et tâches des enseignants et formateurs***

- étude des nouvelles tâches des formateurs, tuteurs, (etc.), notamment comme fondement pour spécifier les environnements support : environnements technologiques et/ou support aux enseignants pour aider ou encadrer des apprentissages associés à l'exploitation de ressources diffusées sur le net ou à des communautés de pratique (aspects informels/formels, inattendus/attendus, implicites/explicites) ;
- support technologique aux activités d'enrichissement des services (tutorat ; utilisation des technologies pour des apprentissages spécifiques comme les langues ou les travaux pratiques) ;
- enjeux et phénomènes liés aux compétences d'analyse et d'interprétation d'informations de différents types demandées aux enseignants (par exemple, traces d'utilisation) : aspects cognitifs, supports technologiques ;
- problématiques liées à la formation des enseignants et à l'appropriation des connaissances et des dispositifs (partage des nouvelles pratiques au sein de communautés, représentations métiers, etc.).

##### ***Scénarisation et ressources pédagogiques***

- renouvellement des questions de la modélisation de scénarios pédagogiques : représentations des scénarios, adaptabilité par les acteurs (enseignants, élèves), articulation des intentions et stratégies pédagogiques avec les scénarios (aspects cognitifs, aspects technologiques des outils supports type Educational Modelling Language -EML-, aspects méthodologiques), prise en compte des spécificités des nouveaux environnements (jeux sérieux, mobilité) dans ces problématiques de modélisation ;
- renouvellement des questions associées aux ressources (documents numériques, ressources multimédia, sites Web, etc.) : production des ressources ; dynamique des ressources ; cycle de vie des ressources ; statut et qualité (évaluation des sources d'information scientifiques et technologiques en ligne, évaluation de la crédibilité, notion d'« autorité ») ;
- enjeux et phénomènes liés aux compétences d'adaptation des scénarios, des ressources ou des dispositifs technologiques demandées aux enseignants, ou encore d'orchestration de situations complexes : aspects cognitifs, supports technologiques.

##### ***Normalisation et interopérabilité***

- évolution des processus de normalisation et d'interopérabilité pour, notamment, prendre en compte la part des acteurs-enseignants dans la conception et l'adaptation de dispositifs ;
- processus et outils pour la capitalisation des connaissances, des savoir-faire et des composants logiciels ;

- processus de fabrication modularisés et paramétrables des objets d'apprentissage, boucles d'ingénieries.

## 6. Synthèse et remarques conclusives

Le tableau ci-dessous synthétise les thématiques et mots clés de premier niveau identifiés.

<b>THEME 1</b> Nouveaux contextes et nouvelles formes d'interaction qui émergent de l'utilisation des évolutions technologiques et de leurs usages	Etude des nouvelles formes d'interaction du point de vue de l'enseignement et la formation
	Etude des articulations entre différents types de situations d'apprentissage
	Etude des modalités et dispositifs de support aux apprenants
<b>THEME 2</b> Connaissances et nouveaux types d'accès et d'interactions avec les connaissances	Identification, modélisation et représentation des connaissances
	Connaissances, apprentissage et enseignement
<b>THEME 3</b> Ergonomie, analyse et évaluation des dispositifs	Approche de conception ergonomique centrée-apprentissage
	Analyse de l'activité, analyse des traces
	Evaluation et validation
<b>THEME 4</b> Compréhension et prise en compte des phénomènes liés aux transformations des métiers et structures institutionnelles de l'enseignement	Evolution des métiers et tâches des enseignants ou formateurs
	Scénarisation et ressources pédagogiques
	Normalisation et interopérabilité

Il est possible de noter que, au-delà des chercheurs travaillant sur les EIAH, ces problématiques touchent d'autres domaine de recherche dont, en particulier :

- Documents électroniques, virtuels, personnalisables.
- Réalité virtuelle, réalité augmentée, dispositifs haptiques.
- Intelligence Artificielle, ingénierie des connaissances, knowledge management.
- Génie Logiciel, ingénierie dirigée par les modèles.
- IHM (Interfaces Homme-Machine).
- Data mining, Text mining, analyse de traces.
- Traitement automatique des langues.

- Et, plus largement : psychologie cognitive, psychologie de l'éducation, sciences de l'éducation, sciences du langage, sciences de l'information et de la communication (ingénierie des médias pour l'apprentissage, communication scientifique et technologique)

## **Bibliographie**

Le champ scientifique est trop vaste pour faire l'objet d'une bibliographie sommaire, mais deux ouvrages de synthèse récents peuvent être signalés :

N. Balacheff, S. Ludvigsen, T. de Jong, A. Lazonder, S. Barnes (Eds) *Technology-Enhanced Learning – Principles and Products* (2009). Springer.

M. Grandbastien, J.M., Labat (eds) *Environnements informatiques pour l'apprentissage humain. Traité IC2 Information Commande Communication* (2006). Hermès Lavoisier.

# Dynamiques de la construction des connaissances

*Approches de la cognition en situation d'éducation et de formation*

*par JM Dusseau (atelier 3)*

## **1°/L'étude de la cognition en situation d'éducation et de formation, un enjeu crucial**

Depuis une quinzaine d'années, des travaux de recherche articulant pratiques d'enseignement et sciences cognitives se sont développés, notamment à partir de l'impulsion de l'ACI « Ecole et Sciences Cognitives » (Kail & Fayol, 2003 ; cf. également Dessus & Gentaz, 2006 ; Ecalle & Magnan, 2005 ; Gentaz & Dessus, 2004). Ces travaux ont renouvelé les perspectives issues de la psychopédagogie et des approches piagésiennes, ainsi que celles des didactiques des disciplines. Une plus grande interdisciplinarité a rassemblé autour d'objets communs non seulement didactiques, sciences de l'éducation et psychologie du développement, mais aussi neurologie, psychologie sociale, sociologie, linguistique, informatique. De nouvelles techniques d'observation ont été exploitées, telles que l'activité oculo-motrice ou l'imagerie cérébrale. L'approche des processus cognitifs est devenue plus complexe, inspirée par les modélisations des systèmes dynamiques et des phénomènes d'émergence. Ces travaux ont également bénéficié de l'évolution générale des sciences cognitives vers un représentationnalisme plus riche et plus nuancé que celui du cognitivisme originaire issu de la métaphore de l'ordinateur. Les aspects cognitifs au sens strict, logico-symboliques, ont été enrichis de la prise en compte de phénomènes sensori-moteurs, émotionnels, motivationnels. Un certain nombre ont adopté une conception située et incarnée de la cognition, prenant en considération des ressources contextuelles utilisées dans les processus cognitifs.

Ces évolutions ont permis de mener des études des processus cognitifs en situation « écologique ». Notre travail dans le cadre de l'atelier PIRSTEC vise à confronter deux grands types d'approche en situation de ces dynamiques de la connaissance :

des approches psycho-didactiques (APD) centrées sur l'acquisition de savoirs (cf. par exemple : Baldy et al., 2005 ; Lautrey & Mazens, 2004 ; Sander, 2003) ;

des approches énavivo-ergonomiques (AEE) centrées sur l'expérience des acteurs (cf. par exemple : Durand, 2009 ; Serres & al., 2004 ; Veyrunes & al., 2009).

Même si les travaux de recherche qui se rattachent à chacun de ces ensembles ne sont pas homogènes, ils se différencient quant à leurs objets d'étude, leurs présupposés (théoriques, ontologiques, épistémologiques) et leurs méthodes. Sans prétention d'exhaustivité, il nous a semblé utile de réunir des chercheurs de ces deux approches, et ainsi de cerner leurs apports respectifs et leur complémentarité vis-à-vis des enjeux de conception et d'évaluation des dispositifs d'éducation et de formation.

## **2°/ Panorama des approches psycho-didactiques et énavtivo-ergonomiques**

### *2.1 Objets d'étude : apprentissages scolaires et situations professionnelles*

Les APD se focalisent plutôt sur des situations d'enseignement où est en jeu un corpus de savoirs délimité et formalisé. Ainsi, elles privilégient des apprentissages réalisés par des enfants et des adolescents dans les disciplines scolaires (mathématiques, sciences, lecture, langues,...), en s'intéressant à leur relation à ces savoirs. Les AEE s'intéressent plutôt à des situations où le savoir en jeu est au préalable peu identifié. Elles privilégient des situations de travail et de formation (sport, éducation physique et sportive, formation des enseignants) où règne une part de flou, d'ouverture, d'indétermination, et qui engagent donc les capacités créatives des professionnels. Une part significative des recherches s'est intéressée à des situations collectives où a été étudiée l'articulation de l'activité des acteurs.

Néanmoins, les APD et AEE ne se distinguent pas fondamentalement quant à leurs objets d'étude. D'une part, les travaux de didactique professionnelle (Samurçay & Pastré, 2004) prolongent en quelque sorte les APD dans le monde du travail et de la formation professionnelle, tout en bénéficiant des apports de l'ergonomie de langue française. D'autre part, les AEE ont donné lieu à des recherches sur l'activité des élèves en contexte scolaire sans toutefois référer à la relation à un savoir identifié.

### *2.2 Présupposés ontologiques et hypothèses théoriques*

Dans leur ensemble, les APD adhèrent plutôt à un essentialisme ontologique : elles présupposent l'existence de propriétés essentielles des objets, des situations et des événements du monde indépendantes d'une relation avec un organisme. A partir de ce postulat, plusieurs options se dessinent. Des théories réalistes envisagent la cognition comme une reconstitution du monde extérieur dont les propriétés se projettent, via les organes des sens, sur le système cognitif qui les représente. Toutes les connaissances ont alors une origine perceptive et résultent d'une abstraction à partir de ces données. Des théories constructivistes ou interactionnistes envisagent la cognition à partir des actions (physiques ou logico-mathématiques) que l'individu applique sur l'objet pour le connaître. Dans des théories motrices de la perception, percevoir et se représenter sont des activités ne consistant pas simplement à lire les propriétés du réel, mais faisant intervenir la motricité.

En étant basées sur cette diversité de présupposés et de théories, les APD ne reposent plus actuellement sur modèle unifié de l'apprentissage-développement : ces dernières années ont consacré une transition depuis le modèle piagétien vers des théories locales d'acquisition de connaissances spécifiques.

De leur côté, les AEE s'inscrivent plutôt dans un expérialisme ontologique anti-essentialiste : les propriétés des objets, des situations et des événements du monde sont envisagées comme le produit d'un couplage entre un organisme et son environnement, il n'existe pas de propriétés indépendantes d'un tel couplage. Ces approches se basent sur le paradigme de l'énavtion (Varela, Thompson & Rosch, 1993) inscrit en filiation de la phénoménologie : la notion d'expérience, de conscience pré-réflexive intégrant perception, action et connaissance est ainsi centrale.

Ces présupposés conduisent à rejeter l'idée d'une représentation mentale de propriétés intrinsèques du monde : la cognition est plutôt envisagée comme la constitution expérientielle d'un monde doté de propriétés et, conjointement, d'un moi agissant dans ce monde. La cognition est considérée comme la dynamique d'une expérience intégrative intégrant à tout instant des aspects perceptifs, émotionnels et moteurs sur lesquelles reposent les opérations logico-mathématiques.

De telles approches sont compatibles avec le pragmatisme nord-américain (Peirce, James, Dewey), où les connaissances ne sont pas envisagées comme des représentations, mais comme des savoir-faire en contexte, dynamiques, contrastant avec l'idée de stockage. Elles font de la typicalisation (Rosch, 1978) le mécanisme essentiel de l'apprentissage.

### *2.3 Méthode : principes expérimentaux et recueil de données détaillées*

Les méthodes d'étude de processus cognitifs en situation d'éducation et de formation s'organisent autour de deux pôles :

- des études quasi-expérimentales menées sur des groupes de sujets (groupes-classes ou groupes d'expérimentation). Bien que n'étant pas réalisées en laboratoire, elles respectent des principes expérimentaux : des variables indépendantes (âge des sujets – variable développementale ; situations, dispositifs, supports – variables didactiques) sont manipulées et leurs effets sur des variables dépendantes (réponses produites, gain post-test, procédures de réalisation) sont observés. Les données recueillies consistent principalement en des réponses produites à des tâches test, souvent dans une succession pré-test/post-test. Dans ces études sont mis en œuvre des groupes de contrôle ; toutefois, leur administration est parfois difficile dans le domaine de l'éducation et de la formation (difficulté à contrôler les facteurs secondaires pour garantir une analyse « toutes choses étant égales par ailleurs »).

- des études détaillées de séquences d'activité. Un maximum de données sont recueillies à l'aide de techniques classiques en ergonomie : notes ethnographiques, enregistrements vidéo, caméra subjective, traces informatiques dynamiques, productions réalisées par les acteurs. Ces données sont parfois enrichies de données physiologiques ou motrices. Sont également recueillies des données qui documentent l'expérience des acteurs, leur point de vue propre dans leur activité. Pour cela, l'auto-confrontation consiste à recueillir des verbalisations des acteurs « remis en situation » à l'aide des enregistrements vidéo réalisés. D'autres techniques sont parfois utilisées à cet effet, telles que le recueil de verbalisations simultanées, ou de verbalisations *a posteriori* sur la base de traces matérielles de l'activité. Dans ces études, la lourdeur du recueil, et surtout de l'interprétation des données amène à travailler sur un petit nombre de cas (souvent moins d'une dizaine de séquences analysées).

Les APD respectent souvent des principes expérimentaux, tandis que les AEE recueillent systématiquement, du fait de leurs options théoriques, des verbalisations qui documentent le point de vue propre des acteurs. Toutefois, il n'y a pas de stricte dichotomie entre ces deux types de méthode : par exemple, une étude expérimentale peut se conjuguer avec des entretiens *a posteriori* permettant de documenter les protocoles de réalisation de tâches test.

## **3°/ Pistes prospectives**

### *3.1 Travailler sur des perspectives communes*

De notre travail se dégagent cinq centres d'intérêts et perspectives d'étude communs :

- le rôle des objets et l'inscription matérielle de la cognition dans les situations d'éducation et de formation ;
- le rôle des similitudes (analogie, typicalité, exemple, catégorie) dans l'apprentissage et leur articulation avec des artefacts symboliques et langagiers ;

- le rôle des connaissances et des conceptions préalables des élèves et plus largement des apprenants, dans la construction de concepts ;
- l'articulation des différentes temporalités de la dynamique de construction des connaissances, depuis la temporalité courte d'apprentissages situés jusqu'à la temporalité longue du développement et du « cours de vie » ;
- la démarche de conception de situations et de dispositifs d'éducation et de formation, et son articulation avec la recherche.

Entreprendre un travail commun sur ces perspectives permettrait à chaque approche de s'ouvrir à de nouveaux développements. Par exemple, un travail sur la deuxième perspective (similitudes et apprentissage) permettrait aux AEE de mettre en débat la notion de représentation : est-il possible de s'en passer totalement pour étudier les situations d'éducation et de formation, ou bien faut-il la ré-interpréter sur la base des présupposés énoncés (Steiner, 2008) ? De même, un travail sur la quatrième perspective (conception de dispositifs et de situations) permettrait aux APD d'évaluer les gains d'une démarche de co-conception en boucles itératives successives mises en œuvre par les AEE.

Toutefois, il faut se garder d'un syncrétisme qui voudrait unifier les différentes approches : les différents présupposés théoriques et méthodologiques adoptés ne sont pas tous conciliables. Si des collaborations autour de perspectives communes permettraient des échanges féconds en termes de développement scientifique, chaque approche doit conserver son identité au travers de la réalisation d'études épistémologiquement cohérentes.

### *3.2 Développer des démarches mixtes d'évaluation des dispositifs d'éducation et de formation*

Dans les systèmes scolaires, la nécessité d'une évaluation non seulement des résultats, mais aussi des pratiques d'enseignement s'est fait jour, aussi bien en France (Joutard & Thélot, 1999) qu'au niveau international (UNESCO, 2000).

L'évaluation des pratiques d'enseignement ne doit pas en rester aux acquisitions que permettent différents dispositifs vis-à-vis d'un savoir identifié. Les différentes approches cognitives permettent également d'évaluer la dynamique de ces acquisitions. De manière qualitative, les AEE permettent d'élargir cette évaluation, en appréhendant des effets « secondaires », socio-éducatifs, des pratiques d'enseignement. Etant donné l'importance de la fonction de socialisation de l'école (Dubet, 2008), cette dimension semble importante.

La mise au point de démarches mixtes d'évaluation associant APD et AEE constitue donc une piste prospective intéressante. Toutefois, en fonction des présupposés théoriques et des méthodes adoptés, elle peut être à considérer davantage comme un développement technologique commun, au service de besoins sociétaux, que comme l'élaboration d'une « mixed-method » de recherche scientifique (Johnson & Onwuegbuzie, 2004).

### *3.3 Explorer scientifiquement la dynamique de « connaissances socialement demandées »*

Le développement d'une « société de la connaissance » (Caracostas, 2008 ; OCDE, 1996) est devenu un mot d'ordre politique, consacrant l'immatériel « capital humain » comme facteur de compétitivité et de croissance économiques. Cette notion de capital humain ne s'apprécie plus uniquement par le nombre d'années d'étude, elle est conçue de plus en plus qualitativement (Paul & Suleman, 2005) : l'accent est mis notamment sur les capacités d'innovation et d'évolution des individus dans un monde en perpétuel changement.

Dans le monde scolaire, les curricula suivent ce mouvement : dans le « socle commun des connaissances et des compétences » (MENESR, 2006) on trouve parmi les 7 domaines

fondamentaux, à côté des domaines disciplinaires, les « compétences sociales et civiques » (connaître, comprendre et respecter les règles de la vie collective ; travailler en équipe ; savoir construire son opinion personnelle ; prendre des initiatives ; faire preuve d'efficacité) ainsi que « l'autonomie et l'initiative » (avoir conscience de ses ressources et de ses limites ; manifester créativité, curiosité, motivation).

Même s'il est probablement nécessaire de déconstruire les formulations de sens commun des demandes sociales, des études scientifiques de la cognition peuvent permettre d'explorer la dynamique de construction de ces « connaissances socialement demandées ». Les APD et les AEE, étant donné leur capacité à mener des études en situation « écologique » d'éducation et de formation, sont à même de les réaliser. Par ailleurs, un travail sur de tels objets complexes représente un défi épistémologique potentiellement vecteur de développement scientifiques.

### *3.4 Développer la réflexion épistémologique*

Les pistes prospectives ont suggéré des collaborations entre les APD et les AEE, mais il nous semble qu'elles ne seront fécondes qu'à la condition de développer une réflexion épistémologique dans le domaine des sciences cognitives appliquées à l'éducation. Elle permettrait aux chercheurs d'être davantage conscients d'options épistémologiques qui peuvent rester implicites au sein des différentes approches, et ainsi de réguler la collaboration sur la base d'un débat scientifique. Le développement de cette réflexion épistémologique présenterait en outre l'avantage d'accroître la capacité d'auto-critique au sein de chacune des approches, et de renforcer leur cohérence. Pour cela, peut-être faut-il envisager des collaborations non seulement entre les APD et les AEE, mais aussi avec des chercheurs travaillant dans le domaine de l'épistémologie des sciences cognitives ou de la philosophie de l'esprit.

## **4°/ Conclusion**

Les sciences cognitives peuvent-elles prescrire des méthodes d'enseignement ? Certaines positions proposant une relation entre recherche et pratique comparable à celle de la médecine semblent trop volontaristes. D'autres auteurs sont plus mesurés, en considérant l'état actuel d'avancement des recherches (Ecalte & Magnan, 2005) ou en critiquant la possibilité de transposer des descriptions psychologiques en prescriptions généralisées (Gentaz & Dessus, 2004). Le système scolaire français concerne 13 millions d'élèves et 1 million d'enseignants ; toute prescription, même si elle se limite à une discipline et un niveau de classe, peut toucher plusieurs centaines de milliers de personnes. La responsabilité des chercheurs est donc considérable. Par ailleurs, les sciences cognitives ne doivent pas perdre de vue que l'efficacité en matière d'éducation et de formation réfère toujours à des finalités porteuses de valeurs : s'agit-il de maximiser l'acquisition de ceux qui en bénéficient ? de les adapter aux besoins des entreprises ? de permettre leur épanouissement personnel ? d'améliorer la compétitivité économique ? de garantir une meilleure équité ? de renforcer la cohésion sociale ? La recherche en sciences cognitives dans le domaine de l'éducation et de la formation doit s'accompagner d'un questionnement éthique.

Moyennant ces précautions, des études sur portant sur la dynamique de construction des connaissances en situation peuvent définir des heuristiques pour concevoir et évaluer des dispositifs d'éducation et de formation.

# Bibliographie

- Baldy, R. (2006). Représentations et développement cognitif. In Blanc, N. (éd.) *Le concept de représentation en psychologie*. Paris : In Press
- Caracostas, P. (2007). « Une prospective de la société de la connaissance ». In J-P. Alix (dir.), *Sciences et société en mutation*, actes du colloque du 12 février 2007 (pp. 19-30). Paris : CNRS.
- Dessus, P., & Gentaz, E. (dir.) (2006). *Apprendre et enseigner à l'école. Sciences cognitives et éducation*. Paris : Dunod.
- Durand, M. (2008). Un programme de recherche technologique en formation des adultes. Une approche énaïve de l'activité humaine et l'accompagnement de son apprentissage/développement. *Education et Didactique*, 2(3).
- Dubet, F. (2008). *Faits d'école*. Paris : Editions de l'EHESS.
- Ecalte, J., & Magnan, A. (dir.) (2005). Sciences cognitives, apprentissage et enseignement. *Revue Française de Pédagogie*, 152.
- Gentaz, E., & Dessus, P. (dir.) (2004). *Comprendre les apprentissages. Sciences cognitives et éducation*. Paris : Dunod.
- Houdé, O. (2004). *La psychologie de l'enfant*. Paris : PUF.
- Johnson, R.B., & Onwuegbuzie, A.J. (2004). Mixed methods research : A research paradigm whose time has come. *Educational Researcher*, 33, 14–26.
- Joutard, P., & Thélot, C. (1999). *Réussir l'école. Pour une politique éducative*. Paris : Seuil.
- Kail, M., & Fayol, M. (dir.) (2003). *Les sciences cognitives et l'école. La question des apprentissages*. Paris : PUF.
- Lautrey, J., & Mazens, K. (2004). Is children naive knowledge consistent ? A comparison of concepts of sound and heat. *Learning and Instruction*, 14(4), 399-423.
- Ministère de l'Éducation Nationale, de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche (2006). *Le socle commun de connaissances et de compétences*. Paris : MENESR.
- OCDE (1996) *L'économie fondée sur le savoir*. Paris : OCDE (OCDE/GD (96)102).
- Paul, J.-J., & Suleman, F. (2005). La production de connaissances dans la société de la connaissance : quel rôle pour le système éducatif. *Education et Sociétés*, 15, 19-44.
- Rosch, E. (1978). Principles of categorization. In E. Rosch & B.B. Lloyd, *Cognition and categorization*. Hillsdale : Lawrence Erlbaum Associates. 27-48.
- Samurçay, R., & Pastré, P. (dir.) (2004). *Recherches en didactique professionnelle*. Toulouse : Octarès.
- Sander, E. (2003). Analogie et catégorisation. *Revue d'Intelligence Artificielle*, 17(5-6), 719–732.
- Serres, G., Ria, L. & Adé, D. (2004). Modalités de développement de l'activité professionnelle au gré des contextes de classe et de formation. *Revue Française de Pédagogie*, 149, 49-64.
- Steiner, P. (2008). Délocaliser les phénomènes mentaux : la philosophie de l'esprit de Dewey. *Revue Internationale de Philosophie*, 245, 273-292.

- UNESCO (2000). *Cadre d'action de Dakar : l'éducation pour tous*. Paris : Unesco.
- Varela, F., Thompson, E., & Rosch, E. (1993). *L'inscription corporelle de l'esprit. Sciences cognitives et expérience humaine*. Paris : Seuil.
- Veyrunes, P., Gal-Petitfaux, N., & Durand, M. (2009). Configurations of activity : From the coupling of individual actions to the emergence of collective activity. *Research Papers in Education*, 24(1), 95-113.

## **ANNEXES**

### **Réunion PIRSTEC**

#### **Dynamiques de la construction des connaissances**

##### **Approches de la cognition en situation d'éducation et de formation**

15-16 juin 2009 – IUFM de Montpellier

Programme de la réunion

Résumés des communications

## Programme

### Lundi 15 juin

13h30 : Ouverture de l'atelier

**Session 1 : « Des connaissances naïves aux connaissances scientifiques »**

14 h - 14 h 45 : Karine Mazens (Université Pierre Mendès France, Grenoble)

« Développement des connaissances naïves en biologie et en physique »

14 h 50 - 15 h 10 - Communication 1 : Jean-François Favrat & Valérie Munier (IUFM – Université Montpellier 2) : « Rôle et place de la visualisation mentale et de la manipulation d'objets réels dans la construction des savoirs scientifiques »

**Session 2 : « Transfert et mobilisation de ressources cognitives »**

15h15-16h : Emmanuel.Sander (Université Paris 8)

« Analogie, conceptualisation et développement conceptuel ».

16 h - 16 h 30 : Pause Café

16 h 30 - 16 h 50 - Communication 2 : Claude Devichi (Université de Nîmes), Valérie Munier (IUFM- Université Montpellier 2) : « Le concept d'angle à l'école élémentaire, approche interdisciplinaire ».

17 h-18 h Discussion

### Mardi 16 juin

**Session 3 : « Approche énaactive et recherche technologique en éducation et formation ».**

8 h 30 - 9 h 15 - Marc Durand (Université de Genève) :

« Principes de conception de situations de formation sous une hypothèse énaactive ».

9 h 20 - 9 h 40 - Communication 3 : David Adé, Ludovic Seifert (Université de Rouen), Germain Poizat (Université de Bourgogne) :

« Conception d'un dispositif en terme "d'aide à la formation" articulnant différents niveaux de description de l'activité. Une illustration à partir de la formation des guides de haute-montagne »

9h45-10h05 - Communication 4 : Nicolas Perrin (HEP de Lausanne) :

« L'usage des exemples appréhendé du point de vue des acteurs et la construction des connaissances »

10 h 05 - 10h30 : Pause Café

10 h 30 - 10 h 50 - Communication 5 : Gilles Dieumegard (IUFM - U. Montpellier 2) :  
« Perspectives externalistes pour l'étude de « l'activité d'élève » au collège »

11 h - 12 h : Discussion

12 h - 13 h 30 : Pause Déjeuner

### Synthèse de l'atelier

13 h 30 - 14 h 15 : Christian Brassac (Université de Nancy) : Synthèse générale

14 h 30 - 16 h : Discussion prospective

16 h : Café de fin d'atelier

## **Développement des connaissances naïves en biologie et en physique**

Karine Mazens

Laboratoire de Psychologie et Neurocognition, CNRS UMR 5105

Université Pierre Mendès France – Grenoble

### **Développement des connaissances naïves en biologie et en physique**

L'étude des conceptions naïves à propos du vivant et de la matière inanimée est abordée avec une approche cognitivo-développementale. Les questions qui animent ce thème de recherche concernent l'origine et le degré de structuration de ces différents domaines ainsi que l'évolution au cours du développement de ces représentations.

Le domaine de la physique comprend de nombreux travaux chez le bébé, consacrés à la connaissance des lois physiques. Par ailleurs, de nombreuses études sont réalisées dans le cadre de la recherche en didactique et concernent plutôt des sujets apprenant en physique. Chez l'enfant d'âge préscolaire et scolaire, assez peu d'études sont réalisées. La principale question posée est celle de l'existence ou non d'une cohérence interne au sein de ces représentations. Peut-on parler de modules (« core knowledge »), de théories ou plutôt de connaissances fragmentées à propos des conceptions des enfants ? Les travaux de Mazens et Lautrey (Mazens & Lautrey, 2003 ; Lautrey & Mazens, 2004) tentent de répondre à cette question concernant la structuration des connaissances et la nature des changements au cours du développement. Ces recherches concernent l'évolution des représentations que les enfants de 6 à 10 ans se font des phénomènes sonores. Les enfants attribuent-ils au son les propriétés des objets ou considèrent-ils le son comme un processus vibratoire ? A partir de petites expériences avec des objets sonores, des questions sont posées concernant la substantialité, le poids, la permanence. Il apparaît que les jeunes enfants considèrent plus le son comme un objet que les enfants plus âgés. Le changement conceptuel ne consiste pas en un transfert soudain du concept de son de la catégorie matière à la catégorie des processus mais plutôt d'un changement lent et graduel. Les propriétés de la matière sont abandonnées dans un ordre hiérarchique. Les réponses des enfants peuvent laisser paraître une relative incohérence mais si on s'attache à étudier la dynamique développementale, on peut voir dans l'évolution conceptuelle une certaine structuration des représentations.

S'il est établi que le domaine de la physique est très précoce au cours de l'ontogenèse, il n'en est pas de même pour le domaine du vivant. De nombreux travaux, en particulier à propos de la compréhension que les enfants ont du mécanisme causal d'hérédité montrent que ce n'est pas avant 7-8 ans que les enfants commencent à distinguer ce qui est hérité par un mécanisme de reproduction de ce qui est acquis par l'environnement (Mazens & Berger, en préparation). Avec un autre paradigme consistant à demander à des enfants de 5 à 11 ans et à des adultes de reconnaître des individus apparentés (retrouver la mère biologique d'un nouveau-né parmi trois femmes), et en introduisant des traits saillants non pertinents dans la ressemblance, on observe également l'évolution développementale des représentations sur l'hérédité (Mazens & al., en préparation). D'une manière générale, les travaux consacrés au domaine de la biologie concernent plutôt les enfants d'âge préscolaire et scolaire. Cependant des travaux très récents s'intéressent à la perception, par des nouveau-nés, des mouvements biologiques et non biologiques. Les résultats montrent qu'à la naissance, les bébés sont déjà capables de discriminer ces deux types de mouvements (Méary & al., 2007).

Si les études consacrées aux conceptions naïves se rangent le plus souvent dans un domaine spécifique, des études s'intéressent également aux liens possibles entre ces différents domaines. Des travaux sont consacrés aux différents systèmes d'explication appartenant à deux domaines distincts comme la biologie et l'esprit et pouvant coexister chez un même

individu. Par exemple, les explications concernant la maladie appartiennent plutôt au domaine de la biologie mais peuvent aussi relever des explications du domaine de la psychologie (influence des états mentaux) ou du domaine surnaturel (sorcellerie, religion). Il peut en être de même pour d'autres entités relevant de différents domaines (biologie, physique, esprit). La question de la relation entre ces différents domaines mériterait d'être développée dans les futures années.

## Rôle et place de la visualisation mentale et de la manipulation d'objets réels dans la construction des savoirs scientifiques

Jean-François Favrat & Valérie Munier

LIRDEF – Unité « Etude et Recherches sur l'Enseignement des Sciences »  
IUFM – Université Montpellier 2

Notre équipe souhaite développer une piste de recherche nouvelle pour elle, dans le cadre d'une coopération avec le CREAS<sup>6</sup> de l'université de Sherbrooke (Québec). Nous émettons l'hypothèse que les démarches d'enseignement préconisées et effectives dans les disciplines scientifiques (dont les mathématiques) à l'école privilégient en général le recours à l'action, à la manipulation et que l'entraînement à la visualisation mentale est très peu développé. Nous testerons cette hypothèse lors d'observations in situ et par l'examen des outils didactiques mis à la disposition des maîtres. De plus nous supposons que la mobilisation d'images mentales lors d'activités relevant de l'espace (orientation avec une boussole, astronomie, technologie, géométrie des solides...), pratique largement préconisée dans la didactique des disciplines sportives, pourrait permettre de développer le sens spatial tout en permettant une meilleure construction des connaissances visées.

Trois projets seront conduits. Le premier, concernant les déplacements dans l'espace avec ou sans boussole, opposera deux types de tâches : l'une avec anticipation spatiale, l'autre sans. Le deuxième a pour but de chercher une éventuelle corrélation entre le sens spatial et les capacités de décentration en astronomie, et si il y a une différence entre enfants et adultes. Les publics visés en France et au Québec seront des étudiants et des élèves en fin de primaire. Le troisième projet vise à constituer pour les élèves de l'école primaire une banque d'activités géométriques dans lesquelles des images mentales seront sollicitées. Cette banque devra être suffisamment étoffée et organisée afin que les enseignants puissent y trouver matière à programmer sur l'ensemble de la scolarité primaire l'équivalent pour les apprentissages géométriques de ce qui existe pour le calcul mental.

---

<sup>6</sup> Centre de Recherche sur l'Enseignement et l'Apprentissage des Sciences

## **Analogie, conceptualisation et développement conceptuel**

Emmanuel Sander

Equipe « Compréhension, Raisonnement et Acquisitions de Connaissances »

Université Paris 8

*Les recherches des trois dernières décennies en psychologie cognitive ont contribué à placer l'analogie au cœur de la cognition humaine. Nous développerons, dans une perspective éducative, une approche essentiellement sémantique qui associe l'analogie à la catégorisation et la métaphore et incline à se centrer sur ce qui fait l'unité de ces phénomènes, la mobilisation de structures mentales pourvoyeuses d'inférences.*

La manière dont ces processus inférentiels se mettent en œuvre sera d'abord discutée. Les notions de flexibilité catégorielle et d'abstraction permettent d'articuler les travaux des partisans d'une pensée concrète, centrée sur des expériences corporelles ou sur des simulateurs mentaux d'expériences vécues, avec ceux qui font dépendre la cognition de l'abstraction dans la lignée d'une tradition rationaliste classique. Notre point de vue est que des catégories de tout niveau d'abstraction, souvent non lexicalisées, contraignent les interprétations. Évoquées à partir des traits saillants, ces catégories permettent, à travers les inférences que déclenchent leur activation, de prendre un point de vue sur les situations.

À travers l'étude des connaissances naïves, nous chercherons à montrer comment les modes de pensée en général et la compréhension des concepts scientifiques en particulier sont contraints par les catégories, les analogies et les métaphores. Nous nous centrerons sur les notions mathématiques, et en particulier les plus élémentaires, enseignées dès l'école primaire et supposées maîtrisées par tout adulte éduqué, afin de montrer comment des connaissances naïves sont au cœur des conceptions de ces notions. Leur caractère robuste fait qu'elles guident aussi les raisonnements d'adultes instruits, ce qui met à mal l'idée selon laquelle les concepts enseignés évinceraient leurs précurseurs naïfs.

Nous chercherons à préciser les implications de cette perspective pour l'éducation. La notion d'habillage sera questionnée. Les traits de surface passent du statut d'éléments interférents avec la structure à celui d'inducteurs d'une structure reposant sur les connaissances du monde et contraignant l'interprétation. La conceptualisation sera revisitée à travers l'articulation entre la connaissance naïve qui relève de l'interprétation spontanée de la notion à enseigner, la structure induite à partir des traits saillants d'un énoncé de problème et la structure profonde que l'école vise à faire acquérir. S'il est bien établi que la formulation d'un énoncé influence profondément la compréhension et la difficulté du problème qu'il incarne, la manière dont cette formulation pourrait constituer un vecteur d'apprentissage reste à établir. Nous formulerons des propositions pour une approche centrée sur la prise en compte des effets de contenu dans les acquisitions de connaissances.

**Mots clés :** Analogie, Catégorisation, Conceptualisation, Connaissances naïves, Développement conceptuel, Effets de contenu dans les acquisitions de connaissances, Métaphore, Transfert de connaissances

**Référence :** Lautrey, J., Rémi-Giraud, S., Sander, E., & Tiberghien, A. (2008). *Les connaissances naïves*. Paris, Armand Colin.

## **Le concept d'angle à l'école élémentaire, approche interdisciplinaire**

Claude Devichi\*, Valérie Munier\*\*

\*Université de Nîmes – Equipe « Développement, Cognition, Acquisition »

\*\*IUFM – Université Montpellier 2 – LIRDEF

Depuis plusieurs années, nous nous intéressons, en collaboration avec des psychologues du développement, à l'enseignement de concepts géométriques à l'école élémentaire (angle, alignement) à partir de situations relevant de la physique. Outre plusieurs études développementales nous avons élaboré et expérimenté plusieurs séquences d'enseignement, construites selon le même scénario : proposition d'un problème physico-technologique dans l'espace ordinaire, modélisation géométrique de la situation résolue ou explorée empiriquement, décontextualisation. Nous présenterons nos hypothèses de recherche et nous montrerons comment les résultats de nos expérimentations les ont fait évoluer. Enfin nous présenterons les perspectives et les pistes de recherche envisagées pour la poursuite de cette collaboration entre psychologues et didacticiens.

# Principes de conception de situations de formation sous une hypothèse énative

Marc Durand

Equipe « Conception Recherche Activité Formation Travail » (CRAFT)  
Faculté de Psychologie et Sciences de l'éducation - Université de Genève

---

Cette présentation propose à la discussion quelques éléments du programme scientifique conduit dans notre équipe CRAFT à Genève. Elle est organisée en deux parties.

La Partie 1 prend le domaine de la formation des adultes comme une situation privilégiée pour spécifier un débat structurant en Sciences de l'éducation, relatif aux relations entre cognition et action et plus largement à la nature de la cognition. Elle pointe un certain nombre d'aporias liées aux postulats sur lesquels reposent les approches de la cognition et des savoirs s'inscrivant dans le *mainstream* de cette discipline. Elle décrit ensuite le postulat fondamental de l'énavation et celui complémentaire d'expérience ou de « conscience pré-réflexive » adoptés dans notre équipe comme des candidats pour résoudre les difficultés liées aux conceptions discontinuistes des rapports action - cognition et constituer le noyau dur d'un programme scientifique en éducation et formation prenant pour objet l'activité. Elle précise ensuite quelques concepts clés liés à ces postulats : unité d'analyse définie comme un couplage asymétrique, autopoïèse adaptation et viabilité, définition dynamique des situations, conception pragmatiste et praxéologique de la cognition. Elle s'achève par une présentation à grands traits de notre projet scientifique qui articule deux programmes tenus par les mêmes présupposés : l'un de recherche empirique, l'autre de technologie de formation. L'argumentation est tenue par l'idée d'une relation organique et féconde entre ces deux programmes.

La Partie 2 définit plus en détail notre programme technologique. Elle énonce sous une forme synthétique cinq principes de conception des situations de formation : a) perturber et influencer l'activité des formés pour la transformer, b) proscrire et non prescrire, c) prendre une activité cible pour référence, d) assurer le lien entre l'activité cible et l'activité en formation, e) assurer le pontage entre l'activité en formation et l'activité cible.

L'opérationnalisation de ces principes aboutit à la mise en correspondance entre deux séries de transformations : celles de l'environnement des formés sous l'effet des actions des formateurs, et celles hypothétiques du couplage des formés et de leur situation. Cette correspondance est recherchée, mais elle demeure indéterminée au sens où ce qui occasionne effectivement les transformations de l'activité des formés ne peut pas être une commande ou une prescription, mais consiste en une intervention sur leur environnement, tenue par un pari relatif à la pertinence de la perturbation du cours d'action des formés provoquée par le formateur. C'est pourquoi nous conceptualisons les formations à partir de la notion « d'espace d'actions encouragées », c'est à dire des précurseurs d'actions et d'expériences, supposés induire une transformation orientée de l'activité des formés.

Mots clés : énavation, activité, actions encouragées, conception, situation

## **Conception d'un dispositif en terme "d'aide à la formation" articulants différents niveaux de description de l'activité : une illustration à partir de la formation des guides de haute-montagne.**

David Adé\*, Germain Poizat\*\*, Ludovic Seifert\*

\* Université de Rouen, Laboratoire CETAPS

\*\* Université de Bourgogne, Laboratoire SPMS

### ***Introduction***

En terme de conception d'aide à la formation, deux visées nous semblent particulièrement intéressantes : (a) la conception de dispositif d'aide à la formation pour l'activité collective, et (b) la conception de dispositif d'aide à la formation intégrant différents niveaux de description de l'activité individuelle. Dans le cadre de cet atelier, nous nous en tiendrons à nos réflexions en cours concernant la deuxième visée. Nous présenterons les premiers résultats d'une analyse de l'activité de grimpeurs (débutants et experts) en situation réelle d'escalade de cascade de glace articulants une analyse de l'activité (a) au niveau des coordinations motrices, et (b) au niveau significatif pour l'acteur ; puis le potentiel que ces résultats laissent entrevoir en termes d'aide à la formation des guides de hautes montagnes.

### ***Perspectives scientifiques***

Nous optons pour une conception de la formation (a) ancrée à l'analyse de l'activité réelle des acteurs et (b) basée sur différents niveaux de description de l'activité étudiée. Aussi, l'un des premiers défis scientifiques concerne *l'intégration des données* de natures différentes dans le sens où les données quantitatives et qualitatives sont pensées ensemble. L'argument en faveur d'une *mixed methods research* (Johnson & Onwuegbuzie, 2004) consiste à (a) montrer sa pertinence pour explorer l'ensemble des composantes de l'activité sportive à des fins épistémiques (produire des connaissances sur les grimpeurs) et d'aide à la conception d'artefacts de formation (proposer des environnements et du matériel de formation), et (b) souligner l'insuffisance des approches simples paradigmatiques qualitatives ou quantitatives. Toutefois demeure les interrogations (a) méthodologiques liées à la nature des relations entre les deux types de données (relations de juxtaposition, de complémentarité...) pour analyser et interpréter qualitativement les données quantitatives ou inversement ; et (b) ontologiques, sachant que l'intégration de données issues d'approches scientifiques différentes ne peut s'émanciper d'un minimum d'engagement ontologique commun entre les chercheurs. Si ce travail est réalisé par des chercheurs inscrits dans des courants scientifiques différents - celui des approches dynamiques (Kelso, 1995) et de l'anthropologie cognitive située (Theureau, 2006) - ils partagent l'idée de couplage entre l'acteur et la situation.

### ***Enjeux sociaux et développements technologiques***

Défendant l'idée d'une co-définition entre recherche et formation, nous pensons que les enjeux majeurs des artefacts de formation sont (a) de naturaliser les moments de formation en école à partir de traces audio et vidéo de l'activité d'acteurs en situation réelle (un environnement numérique mettant les aspirants guide en situation d'analyse de l'activité individuelle de débutants, d'experts, de pairs et de l'activité collective guide-client), (b) d'offrir des possibles pour être plus efficace en situation naturelle et en fonction du niveau de pratique (réflexion ergonomique sur l'utilisabilité des crampons, piolets, chaussures, gants...). Ces visées de conception nous semblent répondre (a) aux attentes des guides de hautes montagnes (développer des compétences réflexives et sécuritaires ; prendre en compte les dimensions multiples de l'activité - cognitives, affectives, perceptives,... par l'intégration des

données quantitatives et qualitatives), et (b) aux nouveaux enjeux économiques visant à conserver les expériences en condition (ou en simulation) naturelle tout en réduisant les coûts de formation. Notre projet s'inscrit dans une réflexion plus générale relative au développement d'un programme de recherche technologique basé sur l'apport et l'intégration de plusieurs programmes de recherches empiriques.

### Références

Johnson, R.B., & Onwuegbuzie, A.J. (2004). Mixed Methods Research: A Research Paradigm Whose Time Has Come. *Educational Researcher*, 33, 14–26.

**Erreur ! Référence de lien hypertexte non valide.** : MIT Press.

Theureau J. (2006). *Le cours d'action : Méthode développée*. Toulouse : Octares.

## **Exemples appréhendés du point de vue des acteurs et construction des connaissances**

Nicolas Perrin

Haute Ecole Pédagogique du Canton de Vaud (Suisse)  
Equipe CRAFT - Université de Genève

Cette communication s'appuie sur une recherche menée dans le cadre d'une thèse de doctorat portant sur une forme d'activité très fréquente dans l'enseignement et la formation : celle qui à la fois prend en compte et constitue des exemples.

Plusieurs recherches ont montré le caractère complexe et paradoxal du recours aux exemples en formation (Lee, 2004; Nonnon, 1993; Perrin & Martin, 2007). L'apprenant est amené à identifier ce qui est pertinent dans l'exemple et cela à un moment où il ne maîtrise pas les connaissances que l'exemple illustre ou permet d'abstraire. Les exemples sont construits au fil des interactions, parfois redondantes ou contradictoires, entre les apprenants et le formateur. Les reprises partielles des exemples, tant par le formateur que les apprenants, posent problème : les reformulations sont multiples, ce qui provoque une transformation des significations et des difficultés à maintenir explicite la référence à la relation entre l'exemplifiant (partie concrète de l'exemple) et l'exemplifié (propriété à construire). Pourtant, le recours aux exemples garde un caractère d'évidence, même lorsque les approches distinguent très clairement l'objet enseigné et l'objet perçu (Marton & Tsui, 2004) ou lorsque la compréhension des exemples fait l'objet d'une négociation (Barth, 1987, 2007).

Le présupposé d'auto-organisation, central dans le paradigme de l'enaction (Maturana & Varela, 1994; Varela, 1989) postule que l'acteur est en relation asymétrique avec l'environnement car il interagit seulement avec ce qui l'intéresse ou est source de perturbation pour son organisation interne. L'enjeu est alors de proposer une description de l'activité et de la situation du point de vue de la dynamique interne de l'acteur. L'activité est conceptualisée comme une permanence dynamique, un flux « ouvert aux deux bouts », pour signifier qu'elle est non bornée *a priori*, et qu'à chaque instant elle hérite de l'histoire de l'activité passée et préfigure partiellement son futur (Theureau, 2006). Ainsi, le chercheur ne définit pas *a priori* des épisodes à analyser, des types de savoirs ou des types d'actions à comparer. De même, il ne présuppose pas que des prescriptions/objets sont pris en compte par les acteurs ; les artefacts ne sont que des offres de possibles (Perrin, Theureau, Menu & Durand, soumis) qui ont un rôle plus proscriptif que prescriptif. La démarche d'étude consiste à déconstruire les catégories naturelles ou toutes autres catégories construites par un observateur pour analyser les catégories pragmatiques de l'acteur, telles que la structure de son activité en rend compte.

Une telle approche permet de rendre compte de certains phénomènes liés à la prise en compte et à la structuration des exemples par les acteurs dans leur activité. En n'analysant pas les interactions verbales en 3<sup>e</sup> personne, mais en accédant au point de vue de l'acteur en 2<sup>e</sup> personne pour documenter les catégories pragmatiques de son activité, il est possible a) d'accéder à l'activité des apprenants qui n'interviennent pas dans les situations d'apprentissage, b) de mettre en évidence la prise en compte de l'histoire des interactions par chaque acteur, telle qu'il peut le faire à partir de son point de vue, c) de rendre compte des phénomènes de synchronisation et désynchronisation, d) de mettre en évidence la logique des enquêtes menées par les acteurs ce qui amène à questionner les catégorisations linguistiques de l'exemple, e) d'interroger les notions d'illustration et d'induction dans les processus de construction de propriétés liées à un exemple, f) de questionner le processus d'appropriation d'un artefact dans les situations de formation et de montrer que l'enjeu consiste à ne pas rendre transparent les artefacts (Perrin & Durand, soumis).

Une approche enactive de la prise en compte et de la construction des exemples en formation, et plus généralement du recours aux artefacts symboliques ou matériels, reste « une approche à la limite ». La volonté de rendre compte de ce qui est pertinent pour l'acteur (et non pour un observateur) pose des problèmes a) dans la définition des objets d'étude qui ne peuvent être posé *a priori* qu'en terme de révélateur de l'activité, b) pour étudier empiriquement des activités collectives et des phénomènes de synchronisation, notamment lorsque les traces de l'activité portent sur de longs empan temporels et que des épisodes différents sont pertinents pour les acteurs concernés, c) pour caractériser ce qu'est un cours de vie relatif à une pratique, cette dernière étant toujours en tension entre une définition *a priori* et une reconstruction à partir des catégories pragmatiques des acteurs ; or cela à une incidence considérable pour rendre compte des processus de formation, d) pour documenter une activité individuelle, et plus particulièrement pour négocier le contrat de participation et mener les séances d'autoconfrontation, en explicitant l'objet de la recherche sans favoriser l'expression d'un point de vue « filtré » par les catégories naturelles de l'acteur.

## Références

- Barth, B.-M. (1987). *L'apprentissage de l'abstraction : méthodes pour une meilleure réussite de l'école*. Paris: Retz.
- Barth, B.-M. (2007). L'établissement de l'intersubjectivité comme outil de médiation : participer pour apprendre. In L. Allal & L. Mottier Lopez (Eds.), *Régulation des apprentissages en situation scolaire et en formation* (pp. 71-89). Bruxelles: De Boeck.
- Lee, Y.-A. (2004). The work of examples in classroom instruction. *Linguistics and Education*, 15 (1-2), 99-120.
- Marton, F. & Tsui, A. B. M. (Eds.). (2004). *Classroom discourse and the space of learning*. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, Inc.
- Maturana, H. R. & Varela, F. J. (1994). *L'arbre de la connaissance*. Paris: Addison-Wesley France.
- Nonnon, E. (1993). Prenons un exemple : recours aux cas particuliers et problèmes d'intercompréhension dans l'interaction didactique. In J.-F. Halté (Ed.), *Interactions : actualité de la recherche et enjeux pédagogiques* (pp. 201-245). Nancy-Metz: Presse Universitaire.
- Perrin, N. & Durand, M. (soumis). Appropriation et transparence des exemples en formation professionnelle initiale des enseignants. *Travail et apprentissage*.
- Perrin, N. & Martin, D. (2007). L'exemple : moyen ou obstacle pour construire un contexte partagé ? Un regard sur l'activité de deux formateurs et d'une étudiante impliqués dans une situation de formation professionnelle. *Revue des hautes écoles pédagogiques de la Suisse Romande et du Tessin*, 6, 35-59.
- Perrin, N., Theureau, J., Menu, J. & Durand, M. (soumis). *SIDE-CAR : un outil d'aide à l'analyse de l'activité selon le cadre théorique du cours d'action*. Travail & Formation en Education.
- Theureau, J. (2006). *Le cours d'action : méthode développée*. Toulouse: Octarès.
- Varela, F. J. (1989). *Autonomie et connaissance : essai sur le vivant*. Paris: Seuil.

# Perspectives externalistes pour l'étude de « l'activité d'élève » au collège

---

Gilles Dieumegard

LIRDEF – Unité « Travail, Formation, Développement »  
IUFM – Université Montpellier 2

Nos recherches sont consacrées à l'activité d'enfants et d'adolescents lorsqu'ils sont « élèves », c'est-à-dire en rapport avec une institution scolaire. Notre objet d'étude est plus large que celui des didacticiens : nous nous intéressons non seulement à leur activité d'étude, mais aussi à tout ce qui constitue son entour, sans préjuger de « rapport au savoir », par exemple : activités non-scolaires, clandestines ou déviantes en classe, relations spontanées entre élèves, jugements en situation, liens avec des situations non-scolaires, etc. Dans l'optique du paradigme de l'énaction, l'*autonomie* des élèves est prise en considération, c'est à dire leur capacité à configurer leur activité d'élève en fonction des contraintes scolaires et des activités didactiques qui leur sont proposées, mais aussi de préoccupations qui leur sont propres. L'observation empirique associe des méthodes issues de l'ergonomie (autoconfrontations, verbalisation simultanée, instruction au sosie) et de l'ethnologie (observation participante en classe pendant des périodes de plusieurs jours).

Le cadre théorique adopté conjugue une approche psycho-phénoménologique, la méthode « cours d'action », avec des enrichissements provenant d'autres approches externalistes de la cognition. Plus particulièrement :

1) la notion de « système cognitif étendu » permet d'envisager la cognition comme la production d'un système associant acteurs humains et technologies cognitives (externalisme psycho-technique), ce système évoluant au fil de l'activité. Elle permet de rendre compte de l'omniprésence de technologies cognitives (écritures, schémas, symboles graphiques, etc.) dans l'activité d'élève, qui « donnent à apprendre » en tant que ressources culturellement constituées qu'il est nécessaire de maîtriser ;

2) l'approche normative de la conceptualisation considère la connaissance d'un concept comme la maîtrise contextuelle d'obligations, de permissions et d'interdictions d'agir qui sont instituées de manière normative dans une communauté (externalisme social). Cette approche considère l'activité d'élève comme la participation aux pratiques instituantes de différentes communautés (enseignants, élèves, familles...) et ce jusque dans les opérations d'apprentissage les plus élémentaires.

En termes de développements technologiques, il nous semble que l'approche de « l'activité d'élève » propose une approche générique (non disciplinaire) et complémentaire de la didactique. Dans la conception des démarches d'apprentissage, elle conduit toutefois à reconsidérer les oppositions traditionnelles entre « savoir » et « savoir-faire », « théorie » et « pratique », pour y substituer un jeu plus complexe entre implicite et explicite, entre objets matériels, formes comportementales et énoncés langagiers.

Dans l'état actuel des recherches, nous pensons qu'un renforcement de la cohérence théorique entre les différentes perspectives externalistes reste nécessaire, notamment pour ce qui est des notions de conscience, de langage et de « phénomènes représentationnels ». Cela appelle des collaborations entre chercheurs de différentes disciplines (sciences de l'éducation, philosophie

de l'esprit, psychologie, linguistique,...), permettant de développer de nouveaux échanges réciproques entre sciences cognitives et éducation.

## Liste des participants

David ADE	Université de Rouen - CETAPS	david.ade@univ-rouen.fr
Nathalie Anwandterr	IUFM – Université Montpellier 2 - LIRDEF	nathalie_anw@hotmail.fr
René BALDY	Université Montpellier 3 - DCA	rene.baldy@univ-montp3.fr
Christian BRASSAC	Université de Nancy - CODISANT	Christian.Brassac@univ-nancy2.fr
Danie BRÉHELIN	IUFM – Université Montpellier 2 - LIRDEF	danie.brehelin@wanadoo.fr
Alain BRONNER	IUFM – Université Montpellier 2 - LIRDEF	alain.bronner@montpellier.iufm.fr
Aurélié CHESNAIS	IUFM – Université Montpellier 2 - LIRDEF	aurelie.chesnais@montpellier.iufm.fr
Marc CIZERON	Université Blaise Pascal - PAEDI	marc.cizeron@orange.fr
Claude DEVICHI	Université de Nîmes - DCA	claudio.devichi@unimes.fr
Gilles DIEUMEGARD	IUFM – Université Montpellier 2 - LIRDEF	gilles.dieumegard@montpellier.iufm.fr
Marc DURAND	Université de Genève - CRAFT	Marc.Durand@unige.ch
Jean-Michel DUSSEAU	IUFM – Université Montpellier 2 - LIRDEF	jean-michel.dusseau@montpellier.iufm.fr
Jean-François FAVRAT	IUFM – Université Montpellier 2 - LIRDEF	jean-francois.favrat @montpellier.iufm.fr
Nathalie GAL-PETITFAUX	Université Blaise Pascal - PAEDI	galpetit@club-internet.fr
Alain JEAN	IUFM – Université Montpellier 2 - LIRDEF	alain.jean@montpellier.iufm.fr
Mirène LARGUIER	IUFM – Université Montpellier 2 - LIRDEF	mirene.larguier@montpellier.iufm.fr
Serge LEBLANC	IUFM – Université Montpellier 2 - LIRDEF	serge.leblanc@montpellier.iufm.fr
Jean-Michel MARTINEZ	IUFM – Université Montpellier 2	jean-michel.martinez @montpellier.iufm.fr
Karine MAZENS	Université Grenoble 2 - LPNC	karine.mazens@upmf-grenoble.fr
Hélène MERLE	IUFM – Université Montpellier 2 - LIRDEF	helene.merle@montpellier.iufm.fr
Valérie MUNIER	IUFM – Université Montpellier 2 - LIRDEF	valerie.munier@montpellier.iufm.fr
Sandra NOGRY	IUFM de Versailles – CRAC	sandra.nogry@gmail.com
Nicolas PERRIN	HEP de Lausanne – CRAFT Genève	nicolas.perrin@hepl.ch
Germain POIZAT	Université de Bourgogne - SPMS	germain.poizat@u-bourgogne.fr
Christian REYNAUD	IUFM – Université Montpellier 2 - LIRDEF	christian.reynaud@montpellier.iufm.fr
Ludovic SEIFFERT	Université de Rouen - CETAPS	ludovic.seifert@univ-rouen.fr
Nicolas TURENNE	INRA - MIG	nicolas.turenne@jouy.inra.fr
Philippe VEYRUNES	Université Toulouse le Mirail - CREFI	veyrunes@univ-tlse2.fr

CONTRIBUTION À PIRSTEC  
SYNTHESE DES PROPOSITIONS DE L'ATELIER 9

# Fondements cognitifs des processus de conception collaborative à distance - Applications à la pédagogie de la conception architecturale

*par JP Goulette (atelier 9)*

Responsable : Jean-Pierre Goulette (jean-pierre.goulette@toulouse.archi.fr)

## INTRODUCTION

Les propositions qui suivent ont été structurées selon l'objectif central de notre atelier : l'étude des fondements cognitifs des processus de conception collaborative à distance en architecture, dans la perspective d'une meilleure connaissance de ces processus et du renouvellement de méthodes pédagogiques. Elles ont été discutées et élaborées, notamment lors d'une réunion à Toulouse les 28 et 29 mai 2009, par des représentants d'établissements d'enseignement supérieur de l'architecture et du bâtiment, et d'un institut de recherche en informatique :

- Jean-Claude Bignon, CRAI, École Nationale Supérieure d'Architecture de Nancy ;
- Mario Borillo, Institut de Recherche en Informatique de Toulouse (IRIT) ;
- Pierre Côté, LRA, Faculté d'Aménagement, d'Architecture et des Arts Visuels de l'Université Laval à Québec ;
- Jean-Pierre Goulette, LRA, École Nationale Supérieure d'Architecture de Toulouse (responsable de l'atelier) ;
- Gilles Halin, CRAI, École Nationale Supérieure d'Architecture de Nancy ;
- Sylvain Kubicki, Centre de Recherche Publique Henri Tudor, Luxembourg ;
- Pierre Leclercq, LUCID, Faculté des Sciences Appliquées de l'Université de Liège ;
- Sandra Marques, LRA, École Nationale Supérieure d'Architecture de Toulouse ;
- Stéphane Safin, LUCID, Faculté des Sciences Appliquées de l'Université de Liège.

Parmi ces établissements, cinq sont impliqués dans l'enseignement de la conception collaborative à distance à travers deux accords de coopération distincts : l'un liant les établissements de Toulouse et Québec, l'autre, les établissements de Nancy, Luxembourg et Liège. L'ENSA Toulouse et l'IRIT sont par ailleurs réunis dans un projet de recherche portant sur « L'approche cognitive de la conception architecturale » par des méthodes principalement issues de la sémantique formelle des langages naturels et de « l'esthétique cognitive » (en tentant de prolonger, dans ce dernier cas, les travaux de Nelson Goodman).

Lors des discussions, les participants de l'atelier se sont penchés sur les aspects cognitifs (linguistiques, psychologiques et ergonomiques) et esthétiques de la communication entre agents coopérant à distance dans une tâche partagée de conception. Dans un premier temps, ils ont cherché à identifier des concepts-clés caractérisant la conception collaborative en

architecture (en situation pédagogique et professionnelle). L'analyse opérationnelle de chacun de ces concepts, et l'analyse structurelle de leur conjonction, ont abouti à l'élaboration d'un graphe (voir annexe), qui, à son tour, a permis une meilleure identification des problématiques actuelles et des questions qui y sont associées. Les concepts-clés qui ont présidé à notre réflexion sont : intelligence distribuée, intelligence collective, connaissance agglomérée, réentrance, émergence, interface homme machine multimodale. Leur mise en relation est schématisée dans le graphe donné en annexe. En ce qui concerne les aspects pédagogiques, les ateliers de conception (design studios) sont au cœur de l'enseignement de l'architecture et du contexte culturel de la profession.

Avec l'arrivée massive et ubiquitaire des Technologies de l'Information et de la Communication (TIC) il est devenu possible pour plusieurs concepteurs de travailler sur un même projet en même temps et sans être physiquement ensemble. Les bureaux d'architecture commencent à mettre en œuvre ces technologies à travers la collaboration entre professionnels de différentes disciplines, ou encore de différentes villes ou pays. Il en est de même dans le cadre de l'enseignement de la conception où les étudiants s'initient à cette nouvelle réalité (bien différente de celle des ateliers traditionnels) par des ateliers de conception collaborative à distance.

Par ailleurs, l'introduction de studios collaboratifs distants dans le cursus d'étudiants architectes est assez récente. Dès l'arrivée de l'outil Internet, les premiers modèles du *Computer Supported Cooperative Work* (CSCW) se concentrent sur l'introduction des technologies comme le VRML, du prototypage rapide ou des systèmes de connaissances ou de documentation comme aide à la conception. À l'heure actuelle, de nouvelles technologies apparaissent, mettant en œuvre des espaces *virtuels* tridimensionnels multi-utilisateurs ou des bureaux *virtuels*. Ces espaces et outils virtuels sont mis en œuvre dans l'enseignement délivré par les membres de l'atelier dans leurs institutions respectives.

Le champ d'investigation est donc : « Fondements cognitifs des processus de conception collaborative à distance. Applications à la pédagogie de la conception architecturale. ». Il soulève des questions complexes que nous avons cherchées à identifier à travers nos différentes expériences pédagogiques. Cela nous a amenés à spécifier un certain nombre d'axes de recherche dont nous présentons les problématiques.

## PROBLÉMATIQUES ACTUELLES

Ces problématiques reposent sur :

- Les questionnements psychologiques et ergonomiques posés par le travail collaboratif synchrone et asynchrone dans le domaine de la conception architecturale : rôle et articulation des représentations internes et externes. La situation de « conception collaborative à distance » offre de nouvelles voies pour étudier l'activité cognitive du concepteur architecte et les rapports complexes qui s'établissent entre ses représentations mentales de l'artefact à concevoir et les représentations « externes » (graphiques, textuelles et verbales) qu'il soumet à la discussion.
- Les possibilités de traitement sémantique et pragmatique de la communication dans les processus de conception. Si nous pouvons parler d'*idiolecte* et de *dialecte* dans des situations plus traditionnelles (architecte concevant seul ou en co-présence avec un collègue, la notion de dialecte sous-entend ici la communication à plusieurs), la situation que nous étudions fait appel à une communication reposant sur un *télé-dialecte*. Les acteurs échangeant entre eux

du *design*, à travers différentes possibilités de description et de communication numériques, comment étudier et définir ce que nous appellerons métaphoriquement une *bande passante pour le design* ?

- Les caractéristiques de la virtualité mise en œuvre. Il s'agira de s'intéresser à l'évolution des référentiels partagés, des stratégies de planification, de concertation et d'ordonnement d'actions dans les différentes situations des processus de conception collaborative à distance faisant appel à des espaces ou des outils virtuels.
- La formulation de nouveaux modèles/outils issus de l'analyse des fondements cognitifs des processus de conception collaborative à distance. Le but est là de passer des méthodes intuitives et/ou computationnelles actuelles de la conception (CAO) au niveau mental sous-jacent où celles-ci s'élaborent afin de mieux les comprendre et d'en proposer une mise en œuvre originale.

### QUESTIONS SOULEVÉES

Nous ne listerons pas ici la totalité des questions soulevées dans notre atelier. On en trouvera une liste plus complète dans le graphe donné en annexe.

- Comment favoriser la communication ?

Les modes de communication proposés par les interfaces multimodales sont variés. Dans nombre de cas, particulièrement en situation de collaboration synchrone, les informations sont partielles et les signaux en partie dégradés. Compte tenu de cet état de fait, il apparaît nécessaire de mener une réflexion sur la qualité de la communication à distance. Quelles sont les informations à privilégier ? Quelles sont celles qui sont superflues voire gênantes ? Quels sont les rapports de complémentarité entre les différentes modalités (visuelle, auditive, gestuelle, graphique...) proposées par les outils numériques ? Comment concevoir des outils qui puissent être efficaces pour la communication, préambule à la collaboration ? Quelles structures sont nécessaires pour soutenir une communication orientée vers la tâche, mais aussi pour favoriser le climat de coopération entre personnes ?

- Quelles performances l'outil doit-il offrir ?

Une réflexion profonde sur les fonctionnalités des outils numériques pour la collaboration doit être menée. Il est en effet essentiel de proposer des outils qui soient pertinents, en fonction des modes de travail des utilisateurs et des objectifs pédagogiques ou productifs. Cette réflexion n'est pas triviale : sans un apport pertinent des technologies, celles-ci peuvent être très vite abandonnées car trop décalées par rapport aux usages. En revanche, il est évident que les possibilités offertes par les nouvelles technologies sont nombreuses. Néanmoins, il s'avère essentiel de faire un tri dans les fonctionnalités potentielles d'outils de collaboration, sous peine de desservir la simplicité des dispositifs, et donc leur acceptabilité.

- Comment favoriser l'appropriation de l'outil numérique ?

Les technologies numériques n'offrent pas nécessairement un accès facile. Les comportements, les schèmes d'actions ancrés dans les habitudes des utilisateurs peuvent en rendre l'utilisation difficile, voire en freiner l'acceptation par les utilisateurs cibles. Différentes variables individuelles (âge, genre, formation, culture, ...) peuvent aussi influencer cette acceptation. Comment concevoir des instruments de collaboration et de communication qui soient simples, efficaces et agréables à utiliser et qui favorisent la créativité ? Il est donc nécessaire dans le développement d'outils pour la conception collaborative d'interroger à la fois l'utilité et l'utilisabilité des systèmes, ainsi que le plaisir lié à leur utilisation.

- Comment observer et favoriser les comportements collaboratifs ?

Afin de répondre aux questions de recherche et de comprendre les mécanismes cognitifs sous-tendant la conception créative, il apparaît nécessaire de construire un corpus de connaissances fondé sur une observation directe des comportements de conception. Ces recueils de données doivent pouvoir s'effectuer sans interrompre ni influencer (dans la mesure du possible) le processus créatif. Entretiens, observations directes, think aloud, enregistrements vidéos, collecte des traces graphiques, autoconfrontations, ... sont autant de méthodes disponibles possédant chacune ses avantages et inconvénients. Il convient de mener une réflexion sur les configurations et outils les plus appropriés pour capter la connaissance et les mécanismes liés aux comportements de conception. La question se pose de manière plus cruciale encore pour la conception collaborative.

Comment observer une réunion collaborative sans en influencer le déroulement ? Comment capter les actes de collaborations à distance et/ou asynchrones ? Comment suivre un travail partagé s'étalant sur plusieurs semaines ? Si les dispositifs technologiques visent à permettre les comportements individuels et collectifs, la réflexion doit aussi être menée sur les moyens de favoriser ces comportements. Un environnement technologique, s'il implique un certain nombre de contraintes, fournit aussi de nombreuses opportunités (augmentation des canaux de communication, gestion des informations et documents...). Il s'agit de concevoir des environnements qui créent de nouvelles formes de communication et d'interaction qui rendent les collaborations efficaces et plaisantes.

- Quel est l'impact de la reformulation de la représentation sur le processus de conception ?

L'introduction des technologies numériques modifie *de facto* la nature même de la représentation architecturale. Or, on sait que le dialogue entre les représentations internes (modèle mental de l'architecte) et externes (dessins, maquettes, ...) est l'enjeu de l'émergence de la créativité. Les technologies numériques, par leurs contraintes et modes de fonctionnement, restreignent-elles ou, au contraire, ouvrent-elles les possibilités expressives des concepteurs ? Les nouvelles représentations ainsi créées favorisent-elles la créativité individuelle et collective, ainsi que les phénomènes de réentrance ?

## PERSPECTIVES OUVERTES PAR LES ORIENTATIONS DE L'ATELIER

Les propositions de notre atelier, pour ce qui concerne les développements futurs de la conception architecturale et plus généralement les activités d'aménagement de l'espace, reposent sur trois concepts de base :

1. la mise en lumière de la dimension cognitive du travail de conception et son intégration dans les modèles et les pratiques de l'architecture ;
2. l'expérimentation des potentiels créatifs, individuels et collectifs, grâce aux techniques des "mondes virtuels" augmentés d'éléments cognitifs ;
3. la maîtrise de la coopération dans la conception architecturale à distance, qui est plutôt l'un des objectifs assignés à la mise en œuvre des deux premiers.

La mise en œuvre opérationnelle de chacun de ces concepts, et plus encore de leur conjonction, est porteuse de transformations profondes dans le travail du concepteur, avec ses conséquences scientifiques, techniques, économiques, pédagogiques, esthétiques et sociétales. La prise en compte à tous les niveaux de leur dimension cognitive ouvre une nouvelle approche de la conception architecturale.

## **1. Développement des modèles cognitifs et de leurs applications dans les activités architecturales**

a. Les méthodes et instruments informatiques utilisés actuellement sont dérivés des techniques ingénieriales (CAO). On se propose de les transformer profondément par la définition et l'implémentation de modèles cognitifs capturant progressivement les diverses formes spécifiques de l'expertise architecturale : intuition, savoir-faire et expérience de l'architecte, utilisation du contenu informationnel du vocabulaire technique, pragmatique du dialogue avec l'utilisateur, le maître d'œuvre, l'étudiant.

b. Coopération transdisciplinaire : architectes et informaticiens avec psychologues, ergonomes, linguistes, esthéticiens.

c. Retombées : extension de la modélisation à des phénomènes mentaux (éventuellement non-conscients). Approfondissement des outils d'aide à la conception.

La formalisation des composantes mentales ouvre la possibilité théorique de représenter et de prendre en compte non seulement les contraintes objectives que l'on connaît et qui sont formalisées ou aisément formalisables (économiques, fonctionnelles ...) mais aussi subjectives, positives ou négatives chez le destinataire (confort, jouissance esthétique, sentiment d'insécurité ou de tranquillité, etc).

Fondamentalement, l'extension de la modélisation aux composantes cognitives de la conception architecturale ouvre une nouvelle période pour celle-ci.

## **2. Enjeux sociétaux, économiques et écologiques de la collaboration à distance**

Le travail collaboratif est aujourd'hui une démarche obligée dans le monde professionnel de la conception : tous les projets associent de nombreuses équipes à compétences complémentaires qui apportent le bénéfice de leur savoir-faire et expertise. La tenue de réunions régulières entre ces équipes partenaires se révèle toujours la clé de solutions créatives, cohérentes et performantes.

Ces équipes sont cependant souvent géographiquement réparties : un investisseur français, situé à Nancy, qui construit un ensemble immobilier à Luxembourg, qui fait appel à une agence d'architecture à Liège et qui confie le chantier de construction à un entrepreneur allemand de Trèves, œuvre en plein cœur de l'espace transfrontalier. Il est souvent problématique de convoquer tous ces acteurs en même temps et au même endroit. Des réunions régulières permettent bien d'assembler ponctuellement une réflexion collective mais, à l'issue de celles-ci, chacun repart poursuivre sa part de travail, au risque de la voir se désynchroniser en attendant la prochaine rencontre. Entre-temps, les technologies traditionnelles de communication, comme le téléphone, l'email, les serveurs de fichiers ou la visioconférence permettent de mener des actions de coordination. Mais celles-ci restent très limitées en termes de travail collaboratif, particulièrement pour mener des tâches créatives ou de résolution de problème, qui s'élaborent toujours à plusieurs, de façon synchrone, à partir de schémas et d'annotations partagés autour d'une même table. Ces rencontres constituent donc le moyen le plus efficace pour concrétiser les projets et les affaires, mais elles nécessitent de répondre à la condition de coprésence, avec des coûts de voyage et, surtout, d'immobilisation de ressources humaines vite conséquents.

Cette mutation dans les pratiques de conception engendre des retombées de deux ordres :

- Un impact économique pour les entreprises, lié aux coûts de déplacement et d'immobilisation du personnel dit "à haute valeur", c'est-à-dire des responsables des prises de décision dans les projets.
- Un impact écologique lié au transport répété et généralisé de personnes. La réduction de l'empreinte écologique étant une priorité des politiques actuelles, il apparaît nécessaire de favoriser les échanges à distance, autant que possible.

## ANNEXE

Pour une meilleure lisibilité, on trouvera le graphe au format PDF dans le fichier « PIRSTEC Graphe atelier 9.pdf ».

Fondements cognitifs de la Construction de savoirs en architecture - Réseaux - Espace technologique et industriel

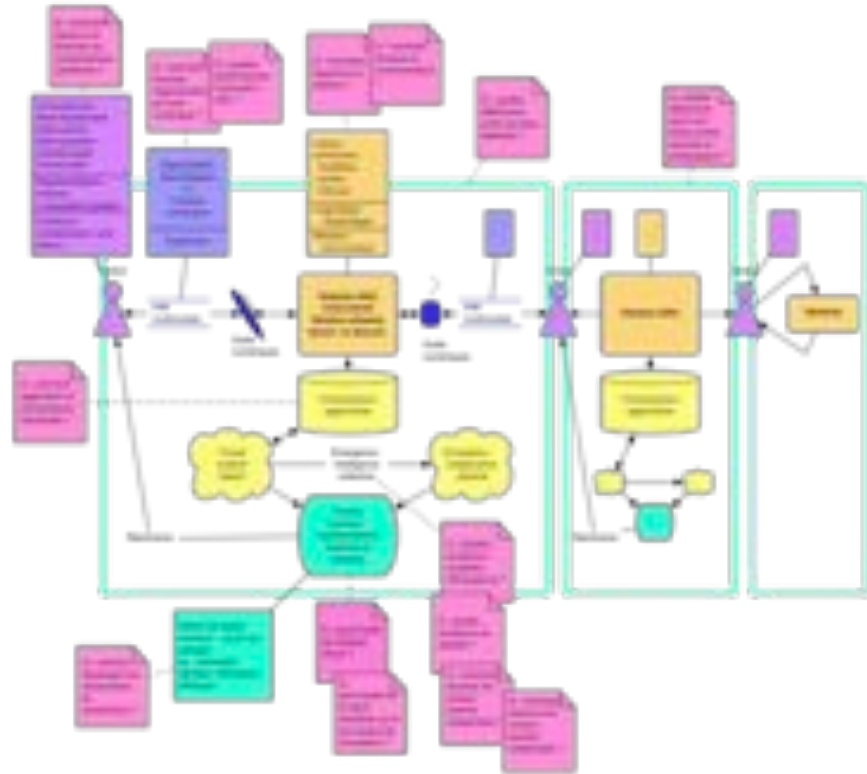


Figure 10

# Rehaussement cognitif: neurosciences, pédagogie, remédiation.

*par J. Proust (atelier 17)*

Cet atelier a été passionnant, et a dégagé quatre axes de recherche en sciences cognitives où des appels d'offre seraient de nature à produire des résultats et des méthodes très novatrices pour les années à venir:

- 1) la neuromodulation des apprentissages perceptifs
- 2) le développement des capacités exécutives chez l'enfant et le sujet âgé
- 3) le développement des capacités métacognitives en milieu scolaire
- 4) les méthodes nouvelles de la remédiation en psychiatrie

## **1) la neuromodulation des apprentissages perceptifs**

**Données chez l'homme :** Chez des sujets humains porteurs d'implants cochléaires, il a été observé que les performances perceptives concernant certains paramètres des stimuli acoustiques pouvaient être supérieures à celles qui sont observées en moyenne chez un sujet normal-entendant. Cela est par exemple le cas pour la discrimination auditive du timbre des sons complexes non-stationnaires (dont l'intensité fluctue dans le temps), où des performances supra-normales ont pu être démontrées (Lorenzi et al 1997).

**Données chez l'animal :** Chez l'animal, des études électrophysiologiques effectuées dans le cortex auditif indiquent que des apprentissages perceptifs (ou présentés comme tels) peuvent produire des réorganisations de cartographies corticales impressionnantes tant dans le domaine spectral (Recanzone et al 1993, Rutkowski & Weinberger 2005) que dans le domaine temporel (Bao et al 2004). Des résultats similaires ont été obtenus dans d'autres travaux au cours desquels un système neuromodulateur a été répétitivement activé lors de la présentation d'un stimulus sensoriel (Kilgard & Merzenich 1998 a, b; Bao et al 2001), suggérant ainsi que les systèmes neuromodulateurs pouvaient être à l'origine des effets observés lors des apprentissages perceptifs.

**Question :** La question centrale qui se pose est de savoir si tout porteur d'implant cochléaire peut réellement récupérer des capacités perceptives normales voire supérieures à la normale en activant certains systèmes neuromodulateurs (par exemple grâce à des agents pharmacologiques). Un appel à propositions pourrait être ciblé sur les mécanismes et le mode d'intervention des neuromodulateurs.

## **2) le développement des capacités exécutives chez l'enfant et le sujet âgé**

Les modèles de la cognition actuels considèrent que les fonctions exécutives, par la régulation de l'attention qu'elles engagent, sont des déterminants directs de la flexibilité cognitive et des comportements intelligents (Shallice, 1994). Des travaux longitudinaux montrent en outre que les capacités exécutives, modulant ce qu'on appelle la "mémoire de travail", sont la clé du résultat scolaire, et la dimension principale de la cognition qui corrèle avec l'origine sociale des élèves (Barrouillet al., sous presse). La variabilité des ressources attentionnelles qu'un individu peut mobiliser dépend en effet non seulement des allèles de

quatre gènes régulant la dopamine, mais aussi de l'environnement familial et scolaire (Rueda et al., 2005). Enfin, ce sont également les capacités les plus atteintes dans le vieillissement.

L'une des composantes essentielles des fonctions exécutives consiste dans l'aptitude à gérer l'allocation de l'attention en fonction de l'importance relative des bénéfices et des coûts présentés par des tâches concurrentes. Cette dimension exécutive est étudiée par des paradigmes de "task-switching" dans lesquels les sujets doivent accomplir deux tâches relativement simples en alternance, comme manipuler un joystick dans l'espace en fonction d'un message verbal ou d'un icône spatial (flèche) présenté à l'écran.

### **A- Fonctions exécutives et supports d'apprentissage**

Les travaux conduits dans le domaine de la théorie de la charge cognitive (*e.g.* Sweller, 2007) montrent depuis une trentaine d'années comment on peut aménager les supports d'apprentissage pour focaliser l'attention des élèves sur l'apprentissage lui-même et limiter l'attention portée aux traitements interférents ou inutiles. Il n'existe cependant pas de travaux étendant cette approche aux troubles développementaux.

**Questions :** peut-on améliorer la compréhension d'élèves dyslexiques dans une tâche de lecture par l'aménagement de la charge cognitive ? Peut-on induire, une régulation de la charge cognitive des élèves en situation d'apprentissage, soit par des consignes métacognitives explicites, soit par la présentation implicite du matériel pédagogique ?

### **B - Le rehaussement cognitif par entraînement exécutif**

Plusieurs types d'exercices sur ordinateur ont été conçus pour entraîner la mémoire exécutive dans diverses populations: enfants, jeunes adultes, seniors, et patients neurologiques et psychiatriques.

Michael Posner (<http://www.teach-the-brain.org/learn/attention/index.htm>): Les exercices sont proposés au cours d'une série de sept séances d'une heure, pendant lesquelles des enfants de 4 à 6 ans manipulent un joystick conformément aux indications des exercices. L'enfant de 4 ans entraîné pendant une semaine à raison d'une heure par jour atteint *deux ans à l'avance* – soit à six ans – la capacité attentionnelle normale de l'enfant de huit ans non soumis à cet entraînement (Rueda & Posner, 2005).

Le programme d'entraînement PositScience, de Michael Merzenich, (<http://bfc.positscience.com/eval/bst.php>) vise à combattre le vieillissement cérébral.

Le "Programme d'Entraînement Cérébral" de Ryuta Kawashima a le même objectif, et s'applique aussi en remédiation de la démence.

**Questions:** Quelles sont les compétences exécutives qui peuvent être entraînées et se généraliser à d'autres tâches ? Quelles sont les méthodes les plus appropriées à l'entraînement exécutif en fonction de l'âge ? Quels outils de validation du transfert d'apprentissage exécutif peut-on développer ? Quelle est la répercussion attendue de l'entraînement sur les apprentissages scolaires ?

### **3) le développement des capacités métacognitives en milieu scolaire**

Les fonctions métacognitives sont un ensemble de processus qui permettent à un sujet d'évaluer ses ressources cognitives pour une tâche donnée (perceptive, mémorielle, etc.), ou d'évaluer sa confiance dans ses productions cognitives. On distingue généralement les fonctions exécutives des fonctions métacognitives par le fait que les premières sont présentes dans les tâches impliquant la focalisation de l'attention, même si

la réponse est en choix forcé, tandis que les secondes supposent la possibilité de décider de ne pas répondre (Koren et al., 2006). La flexibilité du jugement métacognitif, étant liée à la tâche occurrente, est cruciale pour sa réussite. Mais ce jugement ne peut guider l'action que si le sujet dispose de fonctions exécutives suffisantes.

Le développement des fonctions métacognitives au cours de l'enfance a été exploré principalement dans le domaine de la métamémoire. Les jeunes enfants (4-6 ans) manifestent une confiance exagérée dans leurs capacités de rappel mémoriel, ce qui pourrait s'expliquer en partie par leur envie de réussir à se souvenir (Schneider & Lockl, 2008). Les enfants de 7 et 9 ans présentent en revanche une bonne capacité d'évaluation rétrospective et prospective (item par item); en particulier, l'auto-évaluation non immédiate d'un apprentissage est excellente dès la grande section de la classe maternelle. Cependant, une donnée transversale robuste montre que les enfants en difficulté scolaire ne sont pas capables d'évaluer correctement leur performance. En outre, même s'ils ont de bonnes capacités de "monitoring", les enfants ne l'utilisent pas toujours pour réguler leurs décisions cognitives (un enfant qui sait qu'il ne sait pas n'ira pas nécessairement chercher l'information avant d'agir). Se pose alors la question de l'interaction entre métacognition et fonction exécutive.

**Questions:** Comment mieux modéliser l'auto-régulation ? Quels sont les liens entre métacognition, d'une part, motivation et mémoire exécutive de l'autre? Quelles sont les méthodes les plus efficaces d'incitation à l'auto-régulation pour un âge et un niveau scolaire donné? Les enfants migrants allophones, ou issus de milieux défavorisés ont-ils des besoins spécifiques en matière d'auto-régulation ? Quelles sont les interactions entre l'auto-régulation et le concept de soi au cours du développement ?

L'appel d'offres pourrait également viser le développement de programmes de rehaussement métacognitif: La métacognition peut-elle être entraînée? Cet entraînement doit-il passer par l'acquisition de connaissances déclaratives, par l'apprentissage de stratégies propres à un domaine, ou passer par des acquisitions implicites? Doit-il faire l'objet de programmes spécialisés ou s'appliquer à l'intérieur de chaque enseignement? Quels apprentissages chez les maîtres sont-ils favorables à l'apparition de processus métacognitifs chez les apprenants?

#### 4) les méthodes nouvelles de la remédiation en neurologie et en psychiatrie

**En neurologie,** les recherches récentes dans le domaine du Neurofeedback (NF) et de la "real-time fMRI" (rtfMRI) ont des applications cliniques prometteuses. Le NF vise à auto-réguler l'activité corticale, mais dans le domaine des performances cognitives (attention, mémoire) ou comportementales (musiciens, sportifs), aucun lien statistique probant n'a pu être mis en évidence à ce jour. Pourtant, les études de rtfMRI chez le sujet sain mettent en évidence un parallélisme entre la réduction auto-induite de l'activité cérébrale (e.g., dans l'ACC) et les modifications de l'éprouvé émotionnel associé (e.g., sensation subjective de douleur). L'activité électrique corticale et la réponse hémodynamique, semblent en revanche modulables dans les troubles obsessionnels compulsifs, les phobies et l'hyperactivité. Toutefois, un certain nombre de sujets sont 'non répondeurs' à ces techniques.

**Questions:** quels sont les liens entre amélioration symptomatique et modification de l'activité cérébrale? L'efficacité de ces techniques, appliquées au sujet sain, dépend-elle de différences interindividuelles (suggestibilité) ? Appliquées à des patients, dépend-elle des comorbidités ou du 'style cognitivo-affectif' (e.g., alexithymie et difficulté d'introspection émotionnelle,

perfectionnisme et manque de flexibilité cognitive)? Quelles sont les règles neuroéthiques à respecter dans le domaine du rehaussement cognitif par les praticiens, publics ou privés?

**En psychiatrie**, de nouvelles formes de remédiation sont en cours de validation dans le traitement de la schizophrénie, tandis que la remédiation des pathologies développementales est une cible importante pour la recherche.

**A- Dans le domaine de la schizophrénie:** Plusieurs programmes de remédiation cognitive destinés à contribuer au traitement de la schizophrénie (en association avec les neuroleptiques et la psychothérapie) sont déjà validés. L'un des problèmes non résolus est celui de savoir comment développer l'"insight", c'est-à-dire la conscience du trouble. Ici encore, les travaux en métamémoire offrent des modèles de l'introspection normale et pathologique, qui pourraient permettre d'opérationnaliser certains aspects de la conscience chez le sujet délirant (Nelson & Narens 1990 ; Koriati et al. 2006, Koren et al. 2008). Ils permettent aussi de mieux comprendre comment l'introspection guide (ou non) le contrôle volontaire dans une tâche de mémoire (Nelson & Narens 1990 ; Koriati et al. 2006), selon l'interaction existante entre les compétences exécutives et métacognitives.

**B – Dans le domaine des pathologies développementale et de l'autisme**, la recherche en remédiation présuppose une étude longitudinale des patients (suivi de cohortes) afin de suivre l'expression des troubles au long court, et de vérifier l'impact des interventions précoces. Les troubles perturbent précocement le développement des fonctions adaptatives, et entraînent en cascade une aggravation et un surhandicap. Les enjeux sont donc de les détecter précocement, et de mettre en oeuvre des mesures de remédiation et d'en évaluer l'impact à long terme. Pour le moment les études ont surtout porté sur le développement global (évolution du QI, du langage etc. Mais il est important de détecter précocement des perturbations de fonctions pouvant faire l'objet de rééducations précoces ciblées, concernant, en particulier, les fonctions exécutives. Les troubles exécutifs entraînent en effet des perturbations dans la planification des actions, leur contrôle, ce qui conditionne l'adaptation à l'environnement physique et social. De même, le développement émotionnel précoce avec la mise en place d'indicateurs comme le défaut d'attention conjointe, de partage émotionnel et d'imitation doivent faire l'objet de mesures de soutien précoce.

**Questions:** quels sont les déficits cognitifs sous-jacents aux symptômes de la schizophrénie, étudiée de manière syndromique ? Quelles stratégies remédiatives sont-elles susceptibles d'agir sur ces altérations cognitives spécifiques ? Quels paradigmes expérimentaux, et quelles méthodes d'exploration neuro-fonctionnelle, doivent-ils être respectivement utilisés dans la remédiation et la validation?

Comment tirer parti des nouvelles technologies ( tracking visuel, etc.) pour détecter les troubles autistiques précoces et en effectuer le suivi? Comment standardiser les mesures du développement émotionnel et exécutif des enfants atteints d'autisme? Comment rendre les conditions de la mesure "écologiques", c'est-à-dire susceptibles de permettre aux patients d'exprimer leur potentiel cognitif lors du test? Quelles méthodes novatrices de remédiation peuvent-elle être précocement mises en oeuvre, en particulier dans le domaine émotionnel et exécutif?

Cette synthèse a été rédigée par

- Elisabeth Bacon
- Sylvie Berthoz
- Valérie Camos
- Jean-Marc Edeline
- Nicolas Franck

- Cécile Goï
- Michel Grangeat
- Olivier Houdé
- Nathalie Huet
- Marie Izaute
- Claudette Mariné
- Joëlle Proust
- Bernadette Rogé
- André Tricot

# Quelles évaluations pour les applications des sciences et technologies cognitives ?

*par F. Ramus*

Les principales applications (publiques) des sciences et technologies cognitives se situent dans les domaines de l'éducation et de la médecine. Dans le domaine de l'éducation, la meilleure compréhension des mécanismes des apprentissages peut permettre d'imaginer, de concevoir et de tester de nouvelles méthodes d'enseignement plus efficaces (avec ou sans l'aide de technologies). Dans le domaine de la médecine, la meilleure compréhension des mécanismes cognitifs, et de leurs dysfonctionnements dans les différents troubles psychologiques, neurologiques et psychiatriques, peut permettre de concevoir et tester de nouvelles méthodes de prises en charge (traitements, thérapies, rééducations, compensations du handicap, là encore avec ou sans nouvelles technologies).

De tels développements sont bien sûr déjà en cours. Les chercheurs, enseignants et médecins débordent d'idées, les technologies offrent de nouvelles possibilités, et des entreprises s'en saisissent déjà pour inonder le marché de nouveaux produits. On peut bien sûr vouloir encourager la conception de nouveaux produits, notamment s'ils s'appuient plus solidement sur les résultats de la recherche. Néanmoins il me paraîtrait irresponsable d'encourager une prolifération plus grande encore des produits et des méthodes si l'on ne développe pas parallèlement des évaluations systématiques de leur efficacité.

Prenons un exemple pour illustrer : la dyslexie est un trouble spécifique de l'apprentissage de la lecture, dont on comprend de mieux en mieux les bases cognitives et cérébrales grâce aux recherches en sciences cognitives. S'inspirant (ou pas) de ces recherches, les chercheurs, médecins et autres ne manquent pas d'imagination pour rééduquer la dyslexie. Les familles sont de ce fait confrontées à une offre abondante non seulement de rééducations orthophoniques (de différentes écoles ou philosophies, utilisant différents outils et méthodes), mais également de logiciels de rééducation du langage et de la lecture, de programmes d'entraînement des capacités auditives, des capacités visuelles, ou même de la proprioception (avec des lunettes à prismes et des semelles compensées), sans parler du yoga, de la réflexologie, des compléments alimentaires, etc... Bien entendu les familles n'ont aucun élément objectif pour juger de l'efficacité ni même de la plausibilité des traitements proposés, et pour cause : à peu près aucun n'a jamais été évalué rigoureusement. Qu'est-ce qui est le plus urgent : augmenter encore l'offre de traitements disponibles sur le marché, ou bien faire l'inventaire de ce qui existe déjà et en évaluer rigoureusement l'efficacité ?

La problématique plus générale sur laquelle débouche cet exemple est celle de l'évaluation de tous les traitements non médicamenteux qui, contrairement aux médicaments, ne nécessitent pas d'autorisation de mise sur le marché et donc d'évaluation de leur efficacité. Au-delà même des produits vendus directement aux patients, quelles sont les pratiques des psychiatres, psychologues, orthophonistes, psychomotriciens, ergothérapeutes, etc. en France ? Et quelle est l'efficacité de ces pratiques ? Hormis quelques méthodes déjà évaluées principalement à

l'étranger, nul ne le sait. A défaut d'imposer une véritable procédure d'autorisation de mise sur le marché pour tous les traitements non médicamenteux, il paraît donc prioritaire d'engager des moyens substantiels pour financer des essais cliniques et des études d'efficacité pour évaluer l'ensemble des thérapies, rééducations, et produits proposés aux personnes souffrant de troubles cognitifs. C'est à cette seule condition que les apports des sciences cognitives pour la remédiation de ces troubles pourront produire un bénéfice certain.

Prenons maintenant un deuxième exemple dans le domaine de l'éducation. Depuis bien longtemps, le débat fait rage sur l'efficacité des méthodes d'enseignement de la lecture. La lecture et son apprentissage, voilà bien un domaine sur lequel les sciences cognitives ont accumulé des connaissances importantes, et ont des idées pertinentes à suggérer aux enseignants. Encore faut-il que ces idées, une fois opérationnalisées dans des méthodes, voient leur efficacité évaluée sur le terrain. Dans d'autres pays, des dizaines d'études scientifiques ont comparé l'efficacité de différentes méthodes d'enseignement (National Institute of Child Health and Human, 2000), avec des résultats seulement partiellement extrapolables à la France, du fait des spécificités de notre langue et des pratiques pédagogiques particulières qui y ont cours. Malheureusement, une seule étude rigoureuse a jamais été réalisée en France (Goigoux, 2000), et une autre en Belgique (Braibant & Gérard, 2004). De ce fait, les pratiques des enseignants français se basent en partie sur les extrapolations d'études étrangères, et en partie sur des présupposés, des croyances, des idées qui s'appuient sur des observations informelles mais qui n'ont jamais été évalués rigoureusement. Faut-il convoquer les sciences et technologies cognitives pour apporter encore de nouvelles idées et de nouveaux outils ? Ou ne serait-il pas plus urgent de mettre en place des évaluations rigoureuses pour tester l'efficacité des méthodes déjà utilisées par les enseignants français et répondre enfin aux questions qui restent ouvertes depuis des décennies<sup>7</sup> ? La psychologie cognitive fournit déjà tous les outils méthodologiques nécessaires à de telles évaluations, largement inspirés des essais cliniques.

Là encore, la problématique se généralise immédiatement à l'évaluation de l'ensemble des pratiques pédagogiques des enseignants, qui ne sont pour ainsi dire pas évaluées en tant que telles, et qui lorsqu'elles le sont, le sont plus en regard des dogmes pédagogiques en vigueur que de pratiques à l'efficacité scientifiquement démontrée. Il paraît donc prioritaire d'engager des moyens importants pour promouvoir de manière générale l'évaluation de l'efficacité des pratiques pédagogiques, et entrer enfin dans l'ère de « l'éducation fondée sur des faits »<sup>8</sup>. Les sciences cognitives ont un rôle primordial à jouer dans le transfert des connaissances sur les mécanismes des apprentissages vers les pratiques d'enseignement. Mais ce transfert ne pourra avoir d'utilité réelle qu'à condition que ces pratiques soient systématiquement évaluées.

Pour conclure, il est bien entendu important de stimuler les échanges et transferts entre les connaissances issues des sciences cognitives et leurs applications possibles au sein de la société. Mais ne faisons pas le transfert à moitié. Trop souvent, on conçoit, on développe, on produit, et on oublie d'évaluer. Les applications des sciences cognitives, et surtout les

---

<sup>7</sup> Par exemple : Y a-t-il une différence d'efficacité entre les méthodes synthétiques (dites syllabiques), mixtes et analytiques (dites globales) ? Qu'en est-il des méthodes de lecture-écriture ? De la méthode dite « naturelle » de Freinet ? Quel est le moment optimal pour introduire explicitement les premières relations graphèmes-phonèmes, et à quel rythme introduire les suivantes ? Est-il bénéfique ou nuisible d'encourager les enfants à écrire des mots mal orthographiés ?

<sup>8</sup> Par analogie avec la « médecine fondée sur des faits » (*evidence-based medicine*).

citoyens qui en sont les utilisateurs, ont un besoin vital d'évaluation. Ma recommandation à l'ANR serait donc de réserver des budgets importants à des appels d'offres spécifiquement dédiés à des études d'évaluations, portant d'une part sur tous les traitements non médicamenteux des troubles cognitifs, et d'autre part sur les pratiques d'enseignement. On pourrait également recommander, concernant les appels d'offres visant à financer les transferts vers des applications, de ne financer aucun développement de nouveau produit ou de nouvelle méthode qui ne soit associé à une évaluation rigoureuse et indépendante de son efficacité (évaluation qui doit donc être financée pour elle-même).

Franck Ramus

#### Références

- Braibant, J. M., & Gérard, F. M. (2004). Influence des méthodes d'enseignement de la lecture sur le niveau d'acquisition des élèves en 2e année primaire [Electronic Version] from <http://www.fmgerard.be/textes/Methodes.pdf>.
- Goigoux, R. (2000). Apprendre à lire à l'école: les limites d'une approche idéo-visuelle. *Psychologie Française*, 45, 233-243.
- National Institute of Child Health and Human, D. (2000). *Report of the National Reading Panel. Teaching children to read: an evidence-based assessment of the scientific research literature on reading and its implications for reading instruction: Reports of the subgroups (NIH Publication No. 00-4754)*. Washington, DC: U.S. Government Printing Office.

## **V. Santé et handicap**



# Handicap et cognition

*par JL Nespoulous (atelier 10 – texte définitif en attente)*

## **Appel à propositions de réunions de Prospective en Sciences et Technologies Cognitives**

### **« *Handicaps et Cognition* »**

Jean-Luc Nespoulous  
PU.CE

Université de Toulouse Le Mirail  
Institut Universitaire de France, Chaire de Neuropsycholinguistique Cognitive

Unité de Recherche Interdisciplinaire OCTOGONE (E.A 4156)  
Institut des Sciences du Cerveau de Toulouse (IFR 96)

Dernier co-responsable (avec Jacques Virbel) du Réseau Régional en Sciences Cognitives (PRESCOT)

### **1. Mise en situation**

Point n'est besoin de souligner l'importance, tant scientifique que sociétale, du développement de travaux d'envergure dans le domaine du handicap. L'article L 114-3 de la loi 2005-102 stipule que « la recherche sur le handicap fait l'objet de programmes pluridisciplinaires associant notamment les établissements d'enseignement supérieur, les organismes de recherche et les professionnels ».

Il convient donc de promouvoir, au sein de la communauté nationale et au-delà, de véritables problématiques de recherche centrées sur le handicap, domaine qui a souvent été considéré comme « à la marge » de recherches plus « fondamentales » (particulièrement en Neurosciences).

L'objet de la présente demande est donc de proposer, au sein de la communauté scientifique en Sciences et Technologies Cognitives, la tenue d'une réunion de prospective visant à identifier différentes avenues de recherche, innovantes et prometteuses, dans le domaine du handicap.

**Handicap : définition et périmètre.** De la description à l'interprétation et à la modélisation.

Si la définition du terme « handicap » ne pose guère de problèmes dans le champ de la pathologie innée, développementale ou acquise, il est proposé d'en étendre le périmètre à toute situation complexe et/ou inhabituelle susceptible d'être rencontrée

par des sujets non pathologiques<sup>9</sup> (Perry et al., 1999 & 2004 ; Nespoulous & Virbel, 2004 & 2007).

Dans les deux cas, place devrait être faite tant à la caractérisation fine des handicaps – aux plans descriptif et interprétatif – qu’à la prise en compte des stratégies palliatives – spontanées ou « médiées » de différentes manières (y compris technologiques) – qui sont déployées dans le but de les contourner. Place devrait être également ménagée à des tentatives de modélisation de telle ou telle situation de handicap.

## 2. Domaines/fonctions cognitives envisagés

Si les dysfonctionnements d’origine centrale – dans des termes empruntés aux modèles (neuro)psychologiques – trouvent tout naturellement leur place dans l’entreprise prospective envisagée, il semble tout aussi important d’inclure dans cette dernière les perturbations habituellement qualifiées de « périphériques » ou de « bas niveau », et ce surtout à partir du moment où est prise en compte l’intervention de stratégies compensatoires, lesquelles ne peuvent être mises en œuvre sans le recours à des processus de (plus) haut niveau. S’il est, en particulier, clair que les Technologies de l’Information et de la Communication ne peuvent intervenir sur les mécanismes causaux des carences périphériques ou centrales, sensorielles, motrices ou cognitives, elles peuvent être utilisées pour pallier ces dernières, y compris à l’échelon de l’interface cerveau/ordinateur (« brain/computer interface »), allant jusqu’à la forme de « neuroprothèses » (cf. infra), et ce sans oublier, dans certains cas, la Robotique.

Ainsi, et dans un tel contexte, peuvent être énumérées, de manière non-exhaustive, des handicaps – pathologiques ou non (Cf. supra) – affectant, isolément ou de manière coordonnée, des fonctions :

Comme le langage (oral et/ou écrit), la mémoire, l’attention, les praxies, les gnosies, le calcul, le raisonnement et, plus généralement, l’ensemble des fonctions cognitives.

Mais aussi comme l’audition, la vision, la motricité (parole, écriture, locomotion, geste...) ...

Il appartiendra aux participants à la réunion envisagée d’identifier, dans l’ensemble des domaines énoncés ci-dessus, **les thématiques les plus novatrices et les moins explorées actuellement.**

Ex :

étude « *en temps réel* » de divers dysfonctionnements (perception, mouvement...);  
multimodalité et handicaps : déficits et stratégies palliatives (plasticité), processus cérébraux sous-jacents ;  
palliatifs technologiques (interaction Personne/Système ; neuroprothèses...) ;  
rééducation cognitive ;  
programmes de remédiation de dysfonctionnements en contexte d’apprentissage<sup>10</sup>...

## 3. Populations d’étude visées :

Compte tenu de la définition du « handicap » retenue (cf. supra), les populations visées par la présente proposition sont<sup>11</sup>, par ordre alphabétique :

<sup>9</sup> Ex : apprenants (ou néophytes), sujets en situation de stress, sujets âgés face au monde numérique (cf. infra)...

<sup>10</sup> En collaboration avec, par exemple, l’Education Nationale (via les IUFM).

<sup>11</sup> Liste non-exhaustive.

les aphasiques (AVC, traumatismes...);  
 les autistes ;  
 les dyslexiques ;  
 les Infirmes Moteurs Cérébraux ;  
 les schizophrènes ;  
 les sourds (ou mal-entendants) ;  
 les non-voyants (ou mal voyants) ;  
 les patients atteints de déficiences dégénératives (Alzheimer, Huntington, Parkinson...);

Mais aussi :

les apprenants (ou néophytes) ;  
 les sujets (ou « opérateurs ») en situation de Stress ;  
 les sujets normaux en situation complexe, inhabituelle et/ou de « double tâche » (ex : interprètes simultanés, astronautes ...) ;  
 les personnes âgées en situation de handicap face au monde numérique ;  
 les sujets « handicapés » du fait d'adaptations à des mouvements atypiques (ex : rotations rapides des danseurs, patineurs, pilotes de chasse).

#### **4. Partenariat :**

Comme il se doit en matière de recherche en Sciences et Technologies Cognitives, différentes disciplines se doivent d'être convoquées dans le cadre d'une démarche pluridisciplinaire ou, mieux, **interdisciplinaire**.

Une telle démarche nécessite l'identification de partenaires appartenant au monde scientifique (universités, organismes de recherche), au monde médical mais aussi au monde associatif, ce dernier (a) regroupant les demandes et les besoins des différentes populations concernées et (b) contribuant, souvent de façon fort importante, à côté de l'état, au financement de la recherche en pareils domaines.

Le partenariat, selon les cas, peut être local, régional<sup>12</sup>, national, européen...

**Note :** Compte tenu des délais très courts qui nous ont été octroyés, ainsi que de la période très chargée que constitue la fin de l'année civile (avec ses multiples soutenances de thèses), il ne nous a pas été possible de contacter directement d'autres partenaires au plan national (RTP Handicap, GDR STIC-SANTE, par exemple. Nadine Vigouroux, de l'IRIT, assurera la coordination des travaux avec ces groupes). Ceci étant, il va sans dire que la présente demande devra s'articuler avec d'autres opérations similaires que n'auront pas manqué de promouvoir d'autres laboratoires et/ou consortia scientifiques nationaux (voire internationaux), et ce en vue de coordonner les différentes propositions sur ce thème.

#### **5. Format de la réunion prospective**

La réunion projetée et proposée visera à réunir, pour une ou deux journées, des chercheurs et enseignants-chercheurs oeuvrant dans le périmètre thématique défini ci-dessus, voire dans un périmètre encore élargi.

Plus une telle réunion aura un spectre large et réunira des acteurs de divers horizons et institutions et mieux ce sera, selon nous !

#### **6. Comité de pilotage**

---

<sup>12</sup> Au niveau de la communauté scientifique de la Région Midi-Pyrénées, la présente proposition a reçu l'aval de Michèle Fabre-Thorpe (Directrice du CERCO, CNRS), de Nadine Vigouroux et de Christophe Jouffrais (Institut de Recherche en Informatique de Toulouse, CNRS), de Jean-François Démonet (U 825 de l'INSERM) sans parler, bien entendu d'OCTOGONE (E.A 4156, Université de Toulouse Le Mirail).

Le fait que nous ayons décidé d'envoyer cette proposition témoigne certes de notre intérêt (depuis 40 ans) pour une telle thématique. Toutefois, il est clair que nous souhaitons (cf. paragraphe précédent) que le pilotage d'une telle réunion soit assuré par un groupe de personnes aussi représentatif que possible de la diversité du champ. Un tel Comité devra donc refléter, au plan national, cette dernière, et ce avant l'établissement du « format » et du « programme » définitif de la réunion prospective envisagée.

## 7. Proposition de lieu : Toulouse et sa région

Compte tenu de l'engagement, déjà ancien, de la communauté scientifique toulousaine, dans le domaine développé ci-dessus, nous proposons d'organiser une telle réunion à Toulouse, avec le concours des laboratoires suivants (regroupant diverses forces régionales en SdV, ST2I et SHS ayant l'habitude de travailler ensemble) :

**URI OCTOGONE** (E.A 4156), Université de Toulouse Le Mirail, URI dont nous sommes l'actuel Directeur ;

**Institut des Sciences du Cerveau de Toulouse** (IFR 96 : INSERM, CNRS, Toulouse 2, Toulouse 3 et Hôpitaux de Toulouse) dont nous avons été le premier Directeur (Directeur et Co-Directeur actuels : François Chollet, INSERM 825, et Yves Trotter, CERCO). Le projet quadriennal 2007-2010 de cet Institut s'intitule « Neurosciences et Handicap » et l'ensemble des unités constituantes s'intéresse aux handicaps cognitifs (Octogone, le CERCO-CNRS (Directrice : Michèle Fabre-Thorpe), l'U 825 de l'INSERM (« Imagerie Cérébrale et Handicaps Neurologiques », Directeur : Pierre Celsis), la Fédération de Neurologie (Directeur : Michel Clanet), le LAPMA (Directeur : Pier Zanone) et le CRCA-CNRS (Directeur : Martin Giurfa).

**Institut de Recherche en Informatique de Toulouse** (CNRS. Directeur : Luis Farinas del Cerro) au sein duquel plusieurs équipes œuvrent très activement en matière de « Handicap et Technologies), y compris avec l'aide de chercheurs eux-mêmes handicapés (Responsables de projets : Nadine Vigouroux, Christophe Jouffrais...).

Service de Médecine Physique et Réadaptation Fonctionnelle du CHU de Rangueil (P. Marque).

## Références bibliographiques

Perry, J., Macken, E. & Israel, D. "Prolegomena to a theory of disability, inability and handicap", in Moss, Ginzburg & de Rijke (Eds.) Language and computation, vol.2, Stanford, CSLI Publications, 1999.

Perry, J., Macken, E. & Israel, D. "Prolegomena to a theory of disability, inability and handicap", Revue Parole, 29/30, 2004.

Nespoulous, J-L. & Virbel, J. "Apport de l'étude des handicaps langagiers à la connaissance du langage humain", Revue Parole, 29/30, pp. 5-42, 2004.

Nespoulous, J-L. & Virbel, J. « From the study of language dysfunction and handicap to a better understanding of linguistic processing in normality », in M.J. Ball & J.S.

Damico (Eds.) Clinical Aphasiology. Future directions”, Hove & New York, Psychology Press, Taylor & Francis Group, pp.. 107-124. 2007.



# Langage et Démence

*par L. Lefebvre (atelier 11)*

*(Mons, 3 avril 2009)*

## ***Préambule***

L'atelier « Langage et démence » s'est inscrit dans une problématique dès plus actuelles : celle des pathologies dont la fréquence augmente au cours du vieillissement, et de leurs diverses conséquences pour les patients. Parmi ces conséquences, l'atteinte du langage, et plus généralement de la communication, a une place toute particulière, non seulement par son influence directe sur la qualité de vie de la personne concernée au premier chef, mais aussi par ses effets sur l'environnement familial et social de celle-ci.

La plupart des démences étant actuellement incurables, la prévention et le dépistage précoce restent les meilleurs moyens de lutter contre ces affections. Sur ce point précis, les intervenants de l'atelier s'accordent quant au fait que les centres de recherche que constituent les universités ont un rôle majeur à jouer. Dans le domaine des sciences de la vie, certes, en isolant les facteurs prédisposants et en raffinant les approches médicamenteuses ; dans celui des sciences de l'homme, bien sûr, en cernant les facteurs comportementaux et en étudiant les techniques de soutien ; mais surtout dans celui, complexe et interdisciplinaire par essence, des sciences du langage.

Actuellement, l'apport de la neuropsychologie dans le domaine se concentre sur deux aspects : le diagnostic et la prise en charge des aspects cognitifs, émotionnels et instrumentaux. Ces deux objectifs sont fondamentaux pour le patient, mais, plus généralement, pour la société dans laquelle nous vivons : l'amélioration des outils utiles au pronostic de la maladie doit permettre l'optimalisation de la prise en charge précoce des patients, avec pour visée un accroissement de sa qualité de vie, mais aussi le maintien le plus durable possible de son autonomie.

Toutefois, ces missions de diagnostic et de prise en charge ne pourront être correctement remplies sans que, d'une part, la complexité inhérente aux interrelations cognitives au niveau diagnostique soit considérée, et à tout le moins partiellement maîtrisée, et que d'autre part, le patient soit pleinement intégré au processus thérapeutique, et donc préparé à interagir le plus efficacement possible avec les aidants et les professionnels de la santé. Or, le point d'ancrage commun à ces deux réflexions nous semble être le langage. S'interroger sur la manière de mieux évaluer et développer s'impose dès lors.

Dans ce cadre, il a semblé qu'une réflexion approfondie portant sur les opportunités d'améliorer l'étude du langage et de la communication chez, et surtout avec, les patients présentant une démence trouvait toute sa place au sein des réflexions initiées par le PIRSTEC. Nous disposons en effet aujourd'hui de modèles théoriques, d'expériences cliniques et de

possibilités technologiques importants et validés, engager une démarche concertée permettra sans nul doute d'envisager des aspects neufs.

Les troubles du langage dans les pathologies neurodégénératives sont fort variables, selon la démence considérée. Citons l'anomie et la dysfluente, éventuellement annonciatrices de la maladie d'Alzheimer ; d'ailleurs une étude française très importante, l'étude Paquid, a montré que le premier symptôme différenciant la personne Alzheimer, à savoir la dysfluente, pouvait être observé 12 à 13 ans avant que le diagnostic ne puisse être confirmé. Toujours dans la maladie d'Alzheimer, on relève des difficultés de transcoding numérique, et plus largement dans le domaine mathématique, assez caractéristiques. Parmi les autres troubles du langage, citons également le trouble sémantique de la démence du même nom, l'agrammatisme possible d'une aphasie progressive primaire ou d'une démence de Parkinson, associée à une dysarthrie. Quoi qu'il en soit, un trouble du langage préfigurerait, dans quasiment tous les cas, à des difficultés pragmatiques et donc, de communication.

A ces constatations portant sur la sphère langagière, il s'agit également d'adjoindre une réflexion sur les interrelations des fonctions exécutives et des différentes composantes de la mémoire dans les troubles du langage.

Il ressort des discussions lors de l'atelier que l'apport de l'étude langagière et communicationnelle dans les démences est fondamental de part l'impact important d'un déficit de ce genre sur le patient, mais également sur l'entourage familial et les intervenants. Ne plus pouvoir s'exprimer, ne plus parvenir à comprendre, entraînent nécessairement des frustrations, des désespoirs qui provoqueront agressivité et replis sur soi. Ceux-ci amèneront tout aussi irrémédiablement une dégradation de la qualité de vie de l'ensemble des acteurs.

Les objectifs de l'atelier ont donc été une réflexion :

- sur l'aide que l'étude des diverses composantes du langage peut apporter aux diagnostics différentiel et précoce des démences,
- sur la pertinence d'un programme de revalidation langagière, ou de stimulation langagière, afin de maintenir les compétences communicationnelles, et donc la qualité de vie des patients atteints de démence et ce, aux divers degrés de sévérité.

Avec comme finalité la mise en évidence de thématiques et de problématiques liées au domaine, ainsi que des technologies et méthodologies à utiliser pour y parvenir.

## *Programme de la journée du 3 avril 2009*

### **Allocution d'accueil**

Michel Hecq, Vice-Recteur de l'UMH

### **Introduction**

Laurent Lefebvre, UMH

### **Comment favoriser la communication entre professionnels, famille et patients ?**

#### **Vision et pratiques**

Sabine Henry, Présidente de la Ligue Alzheimer ASBL, Vice-Présidente Alzheimer Europe

### **Evaluation du langage et de la communication dans les pathologies démentielles : problématiques et enjeux**

Thi Mai Tran, Université de Lille 2, CMRR (Centre Mémoire de Ressources et Recherche) du CHRU de Lille

### **Troubles cognitifs légers (TCL) - variante langagière ou aphasie(s) progressive(s) débutante(s) ?**

Marie-Pierre De Partz, Centre de revalidation neuropsychologique, Cliniques Universitaires Saint-Luc

Adrian Ivanoiu, Service de neurologie des Cliniques Universitaires Saint-Luc

### **Déficits de la mémoire à court terme et déficits langagiers dans la maladie d'Alzheimer: deux déficits indépendants ?**

Eric Salmon, ULG

Steve Majerus, ULG

### **Traitement des nombres et calcul dans les syndromes démentiels**

Xavier Seron, UCLouvain

### **Voir le haut d'en bas ? Quelles approches phoniques pour quel langage perturbé ?**

Bernard Harmegnies, Kathy Huet, Audrey Leclercq, Myriam Piccaluga

Laboratoire des sciences de la parole, Académie Universitaire Wallonie-Bruxelles, UMH

### **Thérapie écosystémique des troubles de la communication dans la maladie d'Alzheimer**

Thierry Rousseau, Université d'Angers

### **"E.B.M." et prise en charge non médicamenteuse de patients déments : divers modes de communication étudiés**

Jean-Christophe Bier, « Jardins de la Mémoire » (Hôpital Erasme, Bruxelles), ULB

### **Conclusions et perspectives d'avenir**

Laurent Lefebvre, UMH

Jean-Luc Nespoulous, Université Toulouse-Le-Mirail

15 conférenciers ont ainsi participé à la réflexion (membres du public : 151).

## *Prospectives et perspectives*

### *Dans le domaine du diagnostic*

#### *Le langage*

1. Il ressort des discussions un intérêt marqué au développement d'outils de dépistage précoce notamment concernant les batteries d'évaluation du langage (verbal comme non-verbal), et ce au travers d'un croisement des modalités sensorielles d'entrée et de sortie, des aspects phonologiques, lexicaux, sémantiques, syntaxiques et pragmatiques, des aspects cognitifs et émotionnels, de mécanismes purement langagiers et de l'évaluation d'aspects transversaux (e.g. les positionnements dans des séries, les rythmes (cfr. Les domaines du langage et du nombre)).

De plus, les outils actuels disposent de normes peu fiables, voire inexistantes, alors même que leur utilisation, et leur interprétation, sont fort répandues.

2. Les outils d'évaluation du signal vocal ont fortement évolué ces dernières années, et de nombreux marqueurs permettent aujourd'hui le diagnostic différentiel dans le domaine des pathologies vocaliques, des troubles de l'émotion (VOT, taille des pauses dans le discours, indices phonotactiques). Néanmoins l'utilisation de ces approches dans le domaine des pathologies neurodégénératives est quasiment inexistante, alors même que le potentiel discriminant est conséquent. Certains résultats plaident en effet pour de troubles phonologiques chez des patients atteints de la maladie d'Alzheimer à des stades légers à modérés, ce qui doit encore être affiné.
3. Certaines données d'imagerie IRMf (e.g. Peters, 2008) montrent une altération des réseaux langagiers (moindre recrutement au niveau du sillon temporal supérieur lors des traitements phonologiques et des zones temporales inférieures lors des traitements sémantiques). Ceci ne se traduit pourtant pas au niveau comportemental. L'investigation en neuroimagerie pourrait dès lors, par l'utilisation de paradigmes ciblés, participer activement au diagnostic précoce des démences (notamment dans la maladie d'Alzheimer) et constitue aux yeux des membres de l'atelier une piste prometteuse. Se pose en effet en sus la question des types de réponses hémodynamiques en fonction du type de pathologie.

#### *La mémoire*

L'actuelle remise en cause du concept de Minimal Cognitive Impairment (MCI) réinterroge les critères de diagnostic. Il semble notamment que l'unique prise en considération du trouble mnésique ne puisse à lui seul être suffisant pour garantir la validité de celui-ci. Ceci s'est d'ailleurs traduit par l'émergence du concept de MCI avec déficits multiples, mais qui là encore peine à rendre compte des facteurs prédisposant à la maladie d'Alzheimer notamment. Les participants de l'atelier plaident dès lors pour une analyse plus approfondie et plus fine (au niveau du lexique ou des aspects sémantiques très précocement touchés) des aspects langagiers précocement atteints (voir l'étude Paquid) afin d'isoler encore mieux les facteurs discriminants.

## *Le nombre*

S'il s'avère que l'utilité de l'étude du nombre dans le diagnostic précoce des démences est faible, les apports de celle-ci dans le fonctionnement cognitif global peuvent faire émerger des pistes de remédiation. Notamment, la réflexion sur les aspects communs entre langage et nombre dans leurs aspects sémantiques et syntaxiques pourrait mener à isoler des processus cognitifs préservés qui serviraient de base à la revalidation des aspects connexes.

## *Conclusion*

Le langage s'inscrit dans une complexité cognitive générale, et les interrogations sur la place du nombre, de la mémoire et des fonctions exécutives dans son évaluation restent conséquentes. Pourtant le défi est de taille, l'amélioration de nos outils diagnostiques étant à ce prix. En ce sens, plaider pour la formation de groupes de réflexion élargis, associant professionnels du langage mais également des neuropsychologues et des chercheurs investiguant les autres facettes cognitives trouve toute sa pertinence. Ce n'est qu'aux croisées des champs de compétences que nous pourrions progresser aujourd'hui le plus significativement.

## ***Dans le domaine de la revalidation et de la prise en charge***

La prise en charge précoce et sur le long court des patients présentant une pathologie démentielle est un défi majeur et urgent. Un consensus se dégage sur l'impossibilité d'envisager la prise en charge sans intégrer la famille, les proches et les soignants dans le processus thérapeutique. Former ces personnes à la communication spécifique avec le patient, leur apprendre à gérer le milieu de vie dans un objectif de bien-être accru doit être envisagé. Ceci nécessite au préalable l'étude des aspects les plus fonctionnels dans la communication entre malades et personnes aidantes, notamment en partant des actes de langage encore utilisables par les personnes, mais également des aspects non-verbaux, bien souvent mieux préservés. Ensuite, il sera nécessaire d'envisager des offres de formation.

Une prise en charge langagière cognitive, plus individuelle, afin de stimuler au mieux les compétences préservées des patients a également été proposée. Elle travaillerait sur la sur-stimulation d'éléments soigneusement sélectionnés du lexique du patient afin de les maintenir les plus efficaces possibles. Ceci se fonde sur le constat que les mots fréquents étant plus longtemps préservés, améliorer « artificiellement » la fréquence de certains de ceux-ci, par de la stimulation, préserverait les habiletés verbales des patients.

A un niveau plus social et sociétal, de grandes avancées doivent encore être faites dans le regard que l'on porte sur le patient, encore trop souvent vu comme sujet alors qu'il est avant tout une personne. Des campagnes de sensibilisation au facteur humain de la maladie, par trop négligé, sont à envisager. Il est évident que mieux comprendre la personne démente permet de mieux vivre à ses côtés.

## Conclusion générale

Nous plaidons pour un avenir qui s'ouvrira à de nouvelles voies, de l'apport des aspects phonétiques à des approches éco-systémiques et psycho-éducatives (information, technique/relationnel) des familles. Il conviendra également de travailler à l'amélioration continue des techniques jamais totalement éprouvées, comme les entretiens ou les testings, mais aussi à la découverte et au développement de techniques dites « nouvelles » : l'imagerie, l'utilisation d'approches technologiques et informatiques dans le cadre de prises en charge. La contribution de ces nouvelles approches au maintien à domicile des patients par exemple, reste à évaluer mais sans doute cela constitue-t-il une voie prometteuse, et complexe. L'évaluer impliquera la participation active de l'utilisateur direct, le patient, et là encore, le besoin d'une communication efficiente restera un préalable. Et nous sommes encore loin d'une sensibilisation à la mesure des besoins. Sans doute là aussi, tout reste à faire.

Les diverses perspectives isolées dans le cadre de cette journée seront intégrées à une analyse plus globale lors de l'atelier « Handicaps et Cognition » qui se tiendra le 8 et 9 septembre 2009 à Toulouse (*organiseurs* : Jean-Luc Nespoulous, Nadine Vigouroux, Jean-François Demonet, Laurent Lefebvre).

# ?Les interfaces cerveau-machine et neuroprothèses

*par O. Bertrand (atelier 16 - texte en attente)*



# ? Rapport du GDR Mémoire



## ? Rapport du GDR Vision



## **? Rapport du GDR psycho-ergo (viellissement)**



# Rapport du GDR CNRS 296 GRAEC

*sur les thèmes à soutenir dans le domaine de l'audiologie expérimentale et clinique et les sciences de l'audition*

*par C. Lorenzi*

La journée scientifique du GDR GRAEC de Juin 2009 (INM, Montpellier) a donné lieu à une réflexion prospective, visant à établir plusieurs thèmes susceptibles d'être soutenus par l'ANR dans de futurs appels d'offre dans le domaine des sciences cognitives. Les trois thèmes décrits ci-dessous portent sur de nouvelles pathologies pouvant remettre en cause les modèles actuels de codage de l'information sensorielle, de nouvelles formes de diagnostic des fonctions auditives périphériques et centrales, de nouvelles méthodes d'études des mécanismes neuronaux de la plasticité du système auditif central, de nouvelles méthodes d'étude et d'évaluation des systèmes de réhabilitation par prothèse ou implant, et enfin l'établissement de nouveaux facteurs pronostiques.

## **Neuropathies auditives**

Les neuropathies auditives présentent un défi majeur pour les sciences de l'audition, initié par des travaux cliniques récents. Véritable mosaïque d'entités regroupées sous la terminologie anglo-saxonne auditory neuropathy spectrum disorder (ANSD), les neuropathies auditives correspondent à un déficit particulier de la fonction sensorielle auditive, généralement associé avec une plainte majeure des patients : trouble de la reconnaissance de la parole, et plus particulièrement marqué dans le bruit : « j'entends, mais je ne comprends pas ! », trouble de perception de la hauteur des sons, et trouble de la perception des modulations temporelles présentes dans les signaux sonores.

Les critères diagnostiques des ANSD reposent principalement sur un faisceau d'arguments discordants : une préservation de la fonction des cellules ciliées externes (évaluées par les produits de distorsion acoustiques et/ou le potentiel microphonique cochléaire) et une désorganisation sévère voire une absence des potentiels évoqués auditifs précoces. Les performances en reconnaissance de parole sont très dégradées, sans corrélation avec des seuils audiométriques tonaux généralement considérés comme sub-normaux.

Cette entité pathologique peut être liée à une atteinte sélective des cellules ciliées internes (CCI), des fibres afférentes ganglionnaires, de la synapse glutamatergique (entre CCI et fibres afférentes) et d'une façon plus globale d'une atteinte du nerf auditif (trouble de la myéline, de l'énergétique cellulaire).

Les mécanismes sous-tendant le concept récent de neuropathie auditive sont essentiellement représentés par une dégradation de la synchronisation des décharges neuronales auditives, ouvrant la voie à la définition d'un trouble auditif purement supraliminaire (au dessus du seuil absolu de détection) et de nature temporelle. Les conséquences perceptives qui en découlent sont des difficultés de traitement de la parole (plus marqués en milieu bruité), liées à une perturbation de la réception des modulations temporelles clés du signal sonore.

La fréquence des ANSD est indéniablement sous estimée (5 à 10% parmi les sujets atteints de déficience auditive confirmée) de par l'hétérogénéité des étiologies et l'absence d'outils d'évaluation électrophysiologiques et psychoacoustiques adéquats.

Dans le futur, les efforts de recherche devraient se concentrer sur le développement de nouvelles méthodes d'approche allant de l'expérimentation animale à l'évaluation clinique avec la mise au point de nouveaux indices/outils (électrophysiologiques, psychoacoustiques) :

- accessibilité à des modèles animaux transgéniques (atteintes de la myéline, de l'énergétique cellulaire) ou à l'induction pharmacologique des atteintes sélectives (CCI, neurones...)
- construction de cohortes « homogènes » de patients atteints de pathologies neurologiques (comme nos études à Clt-Fd avec leucodystrophie (Pelizaeus-Merzbacher) et ataxie de Friedreich
- facteurs de risques : prématurité, hypoxie périnatale, hyperbilirubinémie néonatale, drogues ototoxiques, pathologies infectieuses, pathologies génétiques (troubles ophtalmiques-auditifs (maladie de Leber, OPA *atrophie optique dominante avec surdité*, neuropathies héréditaires comme ataxie de Friedreich ou maladie de Charcot-Marie-Tooth, leucodystrophies dont maladie de Pelizaeus-Merzbacher, synaptopathies à Otoferline).

Les résultats de ces recherches bénéficieraient au champ plus général des sciences de l'audition et de l'audiologie, par la démonstration de troubles purement supraliminaire, la compréhension et l'évaluation du rôle des mécanismes de codage temporel en audition, et la mise au point de nouveaux tests diagnostiques des fonctions post-cochléaires.

### **Facteurs pronostiques de la réhabilitation auditive**

L'avancée technologique des systèmes de réhabilitation auditive par prothèse numérique ou implant cochléaire a permis depuis maintenant plus d'une vingtaine d'années à de nombreux patients sourds de récupérer une excellente intelligibilité de la parole, aspect fondamental de la vie sociale de ces patients. Ainsi, le domaine de l'implantation par prothèse auditive à atteint une efficacité et une fiabilité dont ne bénéficie pas encore les domaines de la vision ou la motricité. Cependant, le potentiel de récupération de l'intelligibilité de la parole chez les patients sourds repose en grande partie sur la capacité du cerveau à traiter après une longue période de privation, les informations véhiculées par le nerf auditif. Ainsi, il existe une forte disparité dans les performances de récupération des patients et la dynamique temporelle de cette récupération est relativement variable d'un sujet à l'autre. La question se pose sur l'origine d'une telle variabilité et la recherche de facteurs pronostiques du succès de réhabilitation est un enjeu important pour les cliniciens afin d'adapter les stratégies de réhabilitation à son potentiel de récupération. Plusieurs stratégies de recherches doivent être mises en jeu dans le futur. Ces stratégies concernent principalement: l'impact de l'étiologie et de l'évolution naturelle de la surdité, l'importance des atteintes morphologique périphériques, l'exploration des potentiels de plasticité cérébrale, l'influence de la maturation des systèmes sensoriels chez l'enfant réhabilité, l'évaluation fine des systèmes de réhabilitation et des méthodes de rééducation. Dans ce contexte, l'identification de marqueurs électrophysiologiques et/ou d'imagerie cérébrale de la bonne, ou mauvaise, utilisation de la prothèse auditive, qu'elle soit implantée ou non, est une priorité, tout comme l'établissement de leurs corrélats comportementaux et/ou psychoacoustiques.

### **Plasticité auditive normale et pathologique**

Il est maintenant bien établi qu'un dépistage et une prise en charge précoce de la surdité cochléaire de l'enfant constitue un gage de succès de la réhabilitation auditive et d'une acquisition normale des fonctions linguistiques. Suite à une surdité et/ou au cours de son établissement de nombreuses réorganisations neuronales et perceptives se produisent dans le système auditif central afin d'essayer de compenser les déficits d'entrées sensorielles. Ainsi pour la parole, différents indices acoustiques d'identification phonétique deviennent sur- ou sous- pondérés, et ceci est aussi vrai pour toutes sortes d'autres sons. Un aspect particulier de plasticité est le phénomène d'acouphènes; chez certains sujets ayant un déficit sensoriel périphérique des réorganisations auditives centrales se produisent de façon "anormale" et

semblent essayer de ré-engendrer une excitation périphérique manquante donnant ainsi naissance à un acouphène. De même, les potentiels de récupération auditive chez l'adulte sont probablement reliés aux réorganisations fonctionnelles induites par la période de déafférentation sensorielle. Ainsi, une connaissance accrue des mécanismes cérébraux de la plasticité développementale et adulte apportera des informations cruciales sur les capacités d'adaptation des patients aux stratégies de réhabilitation. Il est clair que cette connaissance doit dépasser le cadre restreint de la surdité congénitale/acquise dans la petite enfance et de l'altération progressive de l'audition des fréquences aiguës chez le sujet âgé, pour mieux explorer les cas hier particuliers aujourd'hui de plus en plus fréquents de surdité (surdité unilatérale, surdité affectant les fréquences graves) et de réhabilitation auditive (uni- versus bilatérale, bilatérale simultanée versus bilatérale séquentielle). Le domaine d'investigation de la plasticité du système auditif portera tout autant sur l'analyse des capacités perceptives (psychophysique, électrophysiologie, imagerie cérébrale) chez le sujet normal, ou atteint de surdité (acquise ou induite) que dans des modèles animaux expérimentaux qui permettront d'appréhender des domaines non accessibles chez l'homme tels que la connectivité cérébrale (hodologie) et les marqueurs cellulaires de plasticité corticale en les confrontant à leurs corrélats neuronaux (électrophysiologie cellulaire). Chez l'humain, ces aspects méritent d'être abordés chaque fois que la modalité auditive joue un rôle pivot dans la maturation des systèmes cognitifs. A ce titre, l'étude des troubles des apprentissages ayant trait à l'acquisition de la langue, comme la dyslexie, trouve parfaitement sa place dans la recherche sur la plasticité auditive liée à la réhabilitation ou à l'entraînement.



# Recherche Transdisciplinaire sur les Hallucinations et Autres Etats Modifiés de Conscience

*par G. Dumas, Juan González et Alexandre Lehmann (atelier 26)*





PIRSTEC

RAPPORT n° 26 : Recherche Transdisciplinaire sur les  
Hallucinations et Autres Etats Modifiés de Conscience

*15 Septembre 2009*

Le présent rapport a été rédigé par Guillaume Dumas, Juan González et Alexandre Lehmann, pilotes de l'atelier PIRSTEC #26 : « *Prospective de la recherche sur les Hallucinations et Autres États Modifiés de Conscience dans les Sciences et Technologies Cognitives* ».



## *Sommaire*

<b>1. Introduction</b>	<b>232</b>
•	Intérêt et genèse du groupe de travail 232
•	Évolution de la présente initiative 233
•	L'atelier PIRSTEC 234
•	Cadre et enjeux scientifiques 235
•	Remarques sur la méthodologie dans la recherche des EMC 235
<b>2. Apport de la philosophie</b>	<b>237</b>
•	Introduction 237
•	La connaissance 238
•	La conscience 239
•	La perception 240
•	Les hallucinations 241
<b>3. Méditation</b>	<b>245</b>
•	Description 245
•	Effet corporels 245
•	Contrôle attentionnel 246
•	Contrôle émotionnel 247
•	Applications thérapeutiques 247
<b>4. Hypnose</b>	<b>249</b>
•	Qu'est-ce que l'hypnose ? 249
•	Un bref historique 249
•	L'hypnose aujourd'hui 250
•	Un large champ d'applications 250
•	Outil et Sujet de choix pour les neurosciences fondamentales 250
•	Conclusion 251
<b>5. Substances dites hallucinogènes ou psycho-intégratrices</b>	<b>252</b>
•	Rappel sur hallucinogènes 252

•	La recherche sur les substances hallucinogènes au milieu du 20 <sup>ème</sup> siècle	253
•	Intérêt pour la recherche fondamentales	253
•	Intérêt pour la recherche thérapeutique	254
<b>6.</b>	<b>Musique</b>	<b>257</b>
•	Douleur	257
•	Stress, anxiété, système immunitaire, pression artérielle	257
•	Mécanisme d'action	257
•	Déficits moteurs	258
•	Utilisation de la musique en psychothérapie	258
<b>7.</b>	<b>Directions de recherches futures</b>	<b>260</b>
	A Directions Thématiques:	260
	B Orientations Stratégiques:	266
	C Prospectives Technologiques :	269
<b>8.</b>	<b>Conclusion</b>	<b>271</b>
<b>9.</b>	<b>Remerciements</b>	<b>274</b>
<b>10.</b>	<b>Références</b>	<b>275</b>

## Introduction

### Intérêt et genèse du groupe de travail

Les états modifiés de conscience (EMC) et, tout particulièrement, les hallucinations perceptives, ont depuis longtemps intrigué les philosophes et les scientifiques s'intéressant à la cognition. On a souvent évoqué ces états anormaux pour, entre autres, cautionner le scepticisme philosophique, fonder l'idée de perception véridique, étayer des théories indirectes sur la perception, étudier la nature et les mécanismes de la conscience, délimiter nos concepts de santé mentale, explorer des thérapies en psychologie clinique, inspirer le travail des artistes et, enfin, pour comprendre ce que William James a appelé « les variétés de l'expérience religieuse ». Pourtant, à l'heure actuelle la phénoménologie précise de ces états demeure largement méconnue par la communauté philosophique et scientifique et, de ce fait, nos théories sur l'expérience hallucinatoire s'avèrent inadéquates ou dépassées – à commencer par la définition d'Esquirol, encore largement répandue, selon laquelle une hallucination serait « une perception fautive ou sans objet ». En outre, les données que nous avons sur le sujet sont dispersées dans des disciplines aussi variées que la littérature, l'histoire, l'ethnobotanique, la psychiatrie, l'anthropologie, la psychologie, les neurosciences cognitives, la philosophie et l'art.

L'étude de ces états est donc non seulement digne d'intérêt scientifique et philosophique, mais d'une pertinence actuelle indéniable. C'est pourquoi, à partir de février 2006, à l'initiative de Juan González —professeur à l'Université de l'État de Morelos à

Cuernavaca (Mexique) et à l'époque professeur invité de l'EHESS— une série de séminaires interdisciplinaires autour du sujet des hallucinations ont eu lieu. Cette série s'intitulait « Les hallucinations dans la Philosophie et les Sciences Cognitives ». La plupart des séminaires se sont déroulés pendant le Printemps, sous la direction de J. González et de quelques professeurs invités de plusieurs domaines ayant trait aux Sciences Cognitives (dont la philosophie, la psychiatrie, la modélisation mathématique et l'art).

Lors de ces séminaires on a abordé l'expérience hallucinatoire dans un contexte transdisciplinaire dans le but de **1)** mieux comprendre sa phénoménologie concomitante précise; **2)** évaluer la validité des arguments épistémologiques et le bien-fondé de certaines postures dans la Théorie de la Perception ; **3)** dresser un état de l'art concernant les études empiriques s'y rattachant ; **4)** se questionner sur nos conceptions de la nature de la connaissance et de la conscience dans la philosophie et les sciences (post)modernes.

Nous nous sommes alors intéressés tout autant à la nature et aux mécanismes de la perception (notamment visuelle) dite 'véridique' qu'à la nature et aux mécanismes de l'expérience dite 'hallucinatoire', en portant une attention spéciale aux récits de gens normaux qui ont volontairement expérimenté avec des substances psychoactives (et qui ont habituellement une lucidité critique et une capacité descriptive démontrée), et aux études empiriques concernant l'utilisation de ces substances. La justification pour privilégier ces récits se trouve dans plusieurs faits :

- ✓ Ces substances sont censées provoquer des expériences hallucinatoires ;
- ✓ L'expérience hallucinatoire représente bien ce qu'est un 'état modifié de conscience'
- ✓ Les récits des expériences hallucinatoires d'origine pathologique (schizophrénie, psychoses...) ou d'étiologies extrêmes (déshydratation, isolement prolongé...) ne sont pas scientifiquement fiables, par définition ;
- ✓ Les récits des expériences hallucinatoires d'origine pathologique dépendent trop souvent d'un récit en 3<sup>ème</sup> personne (d'un psychiatre, par exemple), ajoutant par là un extra-maillon épistémique et un risque de 'contamination' interprétative ;
- ✓ Ce sont des échantillons représentatifs de la population (et permettent des généralisations) et ont lieu dans des situations relativement contrôlées ;
- ✓ L'expérience provoqué par l'ingestion de substances psychoactives donne lieu à d'autres états mentaux non exclusivement hallucinatoires, ce qui a un intérêt de lui-même en rapport avec la cognition en général ;
- ✓ L'existence de la méthode neurophénoménologique pour aborder le vécu ou expérience hallucinatoire en 1<sup>ère</sup> personne, tout en étant sujet d'étude en 3<sup>ème</sup> personne.

### Évolution de la présente initiative

En 2007, Alexandre Lehmann —qui avait suivi les séminaires 2006— a rejoint Juan González pour organiser une série d'ateliers transdisciplinaires et interactifs sur le même sujet. Cette manifestation a pris un essor considérable par rapport à 2006 et s'est déroulée sur

six journées de travail, entre le 25 avril et le 31 mai. Il y a eu seize intervenants de plusieurs domaines (philosophie, anthropologie, biochimie, neuropharmacologie, psychologie, psychiatrie, art visuel, neurosciences cognitives, psychothérapie...) et l'événement a rencontré un franc succès, avec une audience d'environ 45 personnes, dont plusieurs chercheurs et étudiants de 3<sup>e</sup> cycle.

(Détail sur : [http://hallucinations.risc.cnrs.fr/index.php?option=com\\_content&task=blogsection&id=5&Itemid=31](http://hallucinations.risc.cnrs.fr/index.php?option=com_content&task=blogsection&id=5&Itemid=31) )

Suite aux manifestations précédentes, en 2008 a eu lieu le *1<sup>er</sup> Colloque de Printemps sur les Hallucinations dans la Philosophie et les Sciences Cognitives* (26-29 mars), toujours avec plusieurs intervenants de plusieurs disciplines et domaines de recherche venant de plusieurs pays. Guillaume Dumas a alors rejoint Juan González et Alexandre Lehmann pour organiser cette manifestation. Le succès de ce Colloque a permis d'établir, pour la troisième année consécutive, l'intérêt grandissant que suscite l'étude des hallucinations et autres états modifiés de conscience dans le cadre de la philosophie et des sciences cognitives (Détail sur : [http://hallucinations.risc.cnrs.fr/index.php?option=com\\_content&task=blogsection&id=8&Itemid=55](http://hallucinations.risc.cnrs.fr/index.php?option=com_content&task=blogsection&id=8&Itemid=55) )

Si bien que le Colloque 2009 a été consacré officiellement à l'étude des hallucinations et autres états modifiés de conscience. Pour cette dernière manifestation nous avons eu une audience de plus de 100 personnes venues de plusieurs pays, ainsi que l'intervention de 20 chercheurs internationaux de diverses disciplines et domaines de recherche. Outre l'inclusion d'autres états modifiés de conscience (au-delà des seules hallucinations), ce Colloque a inclus des chercheurs émergents ainsi que d'autres activités scientifiques grand public en parallèle (Détail sur [http://hallucinations.risc.cnrs.fr/index.php?option=com\\_content&task=view&id=50&Itemid=73](http://hallucinations.risc.cnrs.fr/index.php?option=com_content&task=view&id=50&Itemid=73) )

Enfin, une association loi 1901 pour soutenir et développer la recherche dans ces domaines a été créée : l'ARTHEMOC. Le Colloque 2009 a été donc officiellement organisé par l'ARTHEMOC, avec le soutien de l'initiative PIRSTEC, ainsi que d'autres partenaires, dont le RISC, l'EHESS, l'Université de Paris 5, et l'Université de l'État de Morelos à Cuernavaca<sup>13</sup>. Une équipe de bénévoles a été également constituée pour aider au bon déroulement du Colloque 2009. L'atelier PIRSTEC a été ainsi un événement adossé au Colloque 2009 et nourri par un travail postérieur de réflexion collective de la part des organisateurs et de divers intervenants du Colloque.

### L'atelier PIRSTEC

Spécifiquement, le soutien de PIRSTEC cette année a permis d'organiser des discussions transdisciplinaires adossées au Colloque, auxquelles ont participé une trentaine d'experts internationaux. Ce soutien a également permis de créer et rendre opérationnelle une plateforme virtuelle de consultation prospective à partir d'un questionnaire à visée scientifique et d'un espace de discussion commune. A partir de la grille de travail présentée dans le document soumis initialement (qui présentait nombreux thèmes et collaborations de recherche possibles), en fonction des partenaires ayant répondu à l'appel et suite aux discussions organisées, seuls certains axes majeurs ont été retenus pour le présent rapport. Ces **axes** ont été **identifiés comme porteurs**, autant parce qu'ils touchent à des **problématiques clé des neurosciences cognitives** que parce que **la recherche scientifique Française est très peu représentée dans ces domaines**. Après avoir présenté l'apport épistémologique de la philosophie à ces problématiques, ce rapport aborde **les neurosciences cognitives de la méditation**, le domaine de plus en plus répandu de **l'hypno-thérapie**, les récentes avancées dans **la recherche humaine avec les substances dites hallucinogènes** et le potentiel

---

<sup>13</sup> Nous remercions vivement ces institutions et leurs équipes de travail, ainsi que l'équipe de bénévoles, pour leur précieux soutien.

**d'action de la musique sur les processus conscients et la régulation émotionnelle.** Chacun de ces axes, à son tour, met en relief des enjeux scientifiques concomitants, qui sont triples : à la fois **d'ordre fondamental** (recherches actuelles sur la conscience, la cognition et l'action, plasticité synaptique, la théorie de l'esprit et de la perception, l'empathie, le schéma corporel, la dimension sociale et symbolique de ces états), **d'ordre clinique** (actualisation du concept de santé mentale, prise en charge de la composante hallucinatoire souvent sous-estimée des patients parkinsonien et Alzheimer, psychoses et affectivité) et **d'ordre thérapeutique** (traitement de la douleur et de l'anxiété, thérapies alternatives et complémentaires aux traitements allopathiques, nouveaux traitements de la toxicomanie, l'accompagnement en fin de vie). De plus, l'exploitation des résultats récents pourrait conduire à des ouvertures et applications dans le domaine de la pédagogie et des sciences de l'éducation, ainsi qu'à des applications dans le domaine des interfaces cerveau-robot.

### Cadre et enjeux scientifiques

Malgré de nombreuses avancées dans ce domaine, un défi majeur des sciences cognitives actuelles reste la conscience, la caractérisation des différents états de conscience et leur modulation par le sujet, son activité et son environnement, ainsi que leur incidence sur la cognition et l'épistémologie en général. De même, la phénoménologie de l'expérience (perceptive et autre) et de la conscience intrigue les chercheurs et reste réfractaire aux explications disponibles. La question des *qualia*, par exemple, est au cœur du "gouffre explicatif" —le fameux "*hard-problem*" dans l'étude de la conscience.

Les états modifiés de conscience, parmi lesquels le rêve est peut-être le plus familier à chacun d'entre nous, sont une gamme d'expériences dont la phénoménologie, les diverses implications et les mécanismes sous-jacents sont encore mal appréciés dans la littérature scientifique et philosophique, bien que l'intérêt de leur étude aie déjà été largement souligné par des pionniers tels que William James. L'unité de la perception, les notions de temps et d'espace, le schéma corporel, le sens de l'agentivité, la distinction entre soi et autrui et les bases mêmes de la rationalité – entre autres – peuvent être radicalement affectées lors de ces expériences. Un examen approfondi des ces phénomènes, à la lumière multidisciplinaire des sciences cognitives et de la phénoménologie<sup>1</sup>, permettrait à la fois de mieux les caractériser et de faire progresser notre compréhension de la nature et des fonctions de la conscience, à commencer par les états de conscience ordinaire.

### Remarques sur la méthodologie dans la recherche des EMC

À l'instar de la méthode utilisée en neuropsychologie, dans la recherche sur les états modifiés de conscience il s'agit de comprendre et d'expliquer la conscience et la cognition à partir d'un 'fond de contraste' modifié, déviant ou extraordinaire. De même, il s'agit de mieux cerner la nature et la portée de la conscience et de la cognition afin d'élargir et d'optimiser nos facultés cognitives.

Dans le cas des hallucinations perceptives, par exemple, il est clair qu'elles restent mal comprises et très floues, même au niveau de leur définition, tant dans la philosophie que dans la médecine et la recherche fondamentale. D'une manière générale, la phénoménologie et la nature de ces états « non-ordinaires » est mal appréhendée, en partie à cause d'un certain cloisonnement disciplinaire, mais surtout à cause d'un manque de protocoles et de paradigmes adéquats pour approcher les états de conscience « hors-norme ».

Un premier pas prometteur vers la correcte compréhension de ces états semble être l'exploration des nouveaux paradigmes en sciences cognitives tels que le cadre de la

perception active et l'enaction<sup>2</sup>, qui mettent l'accent sur la dimension active et située de la perception, ainsi que sur la dimension intersubjective de l'expérience consciente. De récentes approches basées sur l'étude des phénomènes autoscopiques<sup>3-5</sup>, de la méditation<sup>6-8</sup>, du sommeil<sup>9</sup> et de l'ingestion d'hallucinogènes<sup>10-13</sup> ont des implications directes pour l'étude de l'attention, de *l'embodiement*, du rôle des affects et des émotions, de l'empathie, de la conscience de soi, de la théorie de l'esprit, du '*body awareness*', de l'agentivité, de l'intentionnalité, de l'attribution de l'action et des théories oscillatoires de la conscience.

Une méthodologie et une caractérisation multi-niveau des états de conscience semblent indispensables pour faire le lien entre approches en première et troisième personnes, notamment pour la prise en charge des maladies mentales. Elles requièrent une collaboration coordonnée entre neurosciences, psychologie, philosophie, médecine, anthropologie, ethnologie, sociologie, modélisation, nouvelles technologies, pharmacologie, biologie...

## Apport de la philosophie

### Introduction

Cette section présente l'apport de la philosophie aux sciences et technologies cognitives dans la recherche sur les hallucinations et autres états modifiés de conscience.

Tout d'abord il faut prendre acte du fait que, dans la communauté philosophique en général, il n'y a pas de consensus concernant la nature, la méthode ou la vocation de la philosophie. Il y a notamment deux postures, de prime abord antagonistes, sur le rapport qui peut/doit entretenir la philosophie et les sciences naturelles.

D'une part, il y a des philosophes qui croient que la philosophie se réduit à (ou du moins s'identifie avec) l'analyse conceptuelle, dont la vocation est de démêler des raisonnements confus et de signaler des formulations linguistiques mal conçues, ainsi que de trouver des arguments conceptuellement solides et de formulations logiquement correctes. De ce point de vue, il y aurait une différence de principe et un hiatus catégoriel entre la philosophie et les sciences naturelles, car la philosophie s'occuperait exclusivement de questions descriptives, normatives, conceptuelles et logiques —de questions non-empiriques— tandis que les sciences naturelles s'occuperaient de décrire et d'expliquer les phénomènes du monde tangible. Dans ce camp 'insouciant' de questions empiriques nous pouvons inclure, *grosso modo*, des sous-disciplines et des courants comme la phénoménologie, l'analyse conceptuelle, la logique et la philosophie du langage ordinaire, ainsi que l'éthique et l'herméneutique.

D'autre part, il y a ceux qui croient que la philosophie peut et doit interagir avec les sciences naturelles pour s'enrichir et faire avancer la connaissance scientifique. De ce point de vue, la philosophie et les sciences naturelles formeraient un continuum conceptuel et empirique, où la philosophie aurait une incidence sur le pôle théorique et une fonction de méta-analyse vis-à-vis la recherche empirique. La théorie de la connaissance ou *épistémologie* serait la sous-discipline de la philosophie naturellement douée pour incarner ce rôle d'interlocuteur avec les sciences naturelles de sorte à devenir elle-même (dans les termes de Quine) une *épistémologie naturalisée*. De plus, dans l'épistémologie il y aurait aussi des branches permettant de se focaliser et de développer un domaine scientifique particulier, comme l'épistémologie (ou philosophie) de la physique, de la biologie ou de l'esprit.

Dans le domaine qui nous occupe, à savoir les états modifiés de conscience, nous aurions tort de croire que nous devons nous rallier exclusivement à l'un ou l'autre des camps susmentionnés. En fait, seule une approche éclectique, multidisciplinaire et multi-niveau permettrait de saisir convenablement et d'étudier productivement ce domaine dans toute sa complexité. C'est pourquoi cette réflexion philosophique inclut des éléments provenant de la phénoménologie, l'analyse conceptuelle, les épistémologies particulières, l'herméneutique, la logique et l'éthique —tout en restant engagée dans une quête épistémologique générale sur la nature de la conscience et de la connaissance. De même, cette réflexion reste ouverte et sensible à toute donnée provenant des sciences naturelles qui résulte pertinente (et tout particulièrement provenant des sciences cognitives, dont notamment la psychologie, la psychiatrie, les neurosciences, la pharmacologie, la biochimie), ainsi que les sciences humaines (dont l'anthropologie, la psychothérapie et l'art).

Quatre thèmes majeurs ont été retenus dans le volet philosophique en tant que champs de recherche prolifiques et d'intérêt commun dans les sciences cognitives:

- 1) La connaissance
- 2) La conscience
- 3) La perception
- 4) Les hallucinations

### La connaissance

Le thème de la connaissance se trouve toujours implicite, et parfois explicite, dans tout questionnement concernant la nature de la conscience, de la cognition et du monde. Du coup, dans la philosophie et dans les sciences empiriques il résulte difficile de séparer la question ontologique « Qu'est-ce que c'est ? » de la question épistémologique « Comment le sait-on ? » car, d'une part, la connaissance est nécessaire pour répondre aux deux questions et, d'autre part, l'étude de l'acquisition, le traitement, la production et l'expression de la connaissance relève du domaine de l'épistémologie et de la science, et que des présupposés ontologiques sont toujours à l'œuvre en arrière-plan. Ceci lie les deux questions de façon circulaire et inextricable.

L'étude de la conscience, de ses états modifiés ou de n'importe quel autre sujet de recherche implique donc des thèses ou postures épistémologiques et ontologiques —ne serait-ce qu'implicites— de la part du chercheur, ce qu'on ne doit pas négliger. Dans le cas spécifique des états modifiés de conscience, il s'avère que leur étude permet de mettre en exergue certaines de ces thèses ou postures. Par exemple, il y a des expériences méditatives ou psychédéliques dans lesquelles les distinctions 'sujet-objet' et 'interne-externe' sont oblitérées et perdent leur sens aux yeux du sujet de l'expérience. Ou encore, il y a des expériences hypnotiques ou musicales qui créent l'impression, chez le sujet, d'un objet qui n'existe pas objectivement. Dès lors, ces expériences mettent à mal notre conception occidentale, rationaliste et objectiviste, de la connaissance et de la structure de la réalité.

Bien entendu, on peut rétorquer (ou plutôt décréter ?) que là il s'agit des expériences subjectives qui n'ont de réalité que « dans la tête du sujet » ; mais si nous regardons de plus près, nous verrions que les choses ne sont pas si simples et que la connaissance est un vaste thème qu'on ne peut pas étudier convenablement avec ce type d'attitude. Suffise d'évoquer trois cas bien connus pour illustrer la complexité épistémologique du rapport 'conscience-monde' et le lien inextricable entre l'ontologie et l'épistémologie : a) nous voyons des étoiles qui n'existent plus ; b) nous percevons certains aspects du monde à travers une bande très étroite du spectre électromagnétique —d'autres aspects seraient perçus si nous accédions à une bande plus large (comme certains animaux peuvent le faire en accédant à certaines régions du spectre au-delà de notre portée) ; c) il y a des concepts autochtones propres à chaque culture, dont le référent et/ou le sens n'est véritablement accessible à l'étranger qu'à condition d'adopter la forme de vie en question (Wittgenstein) —concepts d'émotions, de couleurs, de comportements ou de traditions, par exemple.

Certes, les distinctions ‘sujet-objet’ et ‘interne-externe’ ainsi que la vérité comme correspondance sont des piliers de la rationalité occidentale, mais par là même ces notions demeurent également déterminantes et limitantes lorsqu’on exerce nos capacités cognitives en vue d’établir une connaissance empirique. Il ne s’agit pas de dire que notre rationalité occidentale est erronée ou que l’appréhension de la réalité avec notre conscience ordinaire et bon sens est fautive : il s’agit plutôt de dire que cette rationalité et cette appréhension sont limitées et biaisées et que, par conséquent, connaître la réalité est une entreprise qui ne peut se satisfaire qu’avec les canaux intellectuels et cognitifs dont nous disposons habituellement. Et, justement, les états modifiés de conscience représentent une manière de modifier et de sortir de ces canaux pour, d’une part, mettre en évidence les présupposés ontologiques auxquels on ressort et les mécanismes épistémiques qu’on mobilise quotidiennement à notre insu et, d’autre part, pour explorer de manières alternatives de conceptualiser et d’articuler notre connaissance de la réalité.

On peut aussi penser que la connaissance du monde ordinaire et de nous-mêmes pose déjà suffisamment de problèmes à l’épistémologie pour s’y intéresser à d’autres problèmes comme ceux rattachés aux états modifiés de conscience, certainement plus exotiques et éloignés de la vie quotidienne que les problèmes épistémologiques classiques — mais pas moins pertinents pour autant. En effet, l’intérêt philosophique des états modifiés de conscience est aussi grand que l’intérêt philosophique de la conscience elle-même, car la nature et les fonctions de la conscience peuvent être mises en évidence lors de sa modification (ce qui pourvoit le fond de contraste nécessaire pour saisir le phénomène ‘normal’), surtout si la modification est contrôlée. Enfin, les états modifiés de conscience permettent de concevoir et d’expérimenter la réalité de manières alternatives, ce qui devrait avoir un effet d’autocritique sur nous-mêmes ainsi qu’une incidence salutaire sur les bases et limites de notre édifice épistémologique et, par voie de conséquence, sur la connaissance scientifique.

## La conscience

L’étude de la conscience par la philosophie et la psychologie est bien établie depuis plusieurs siècles ; les sciences cognitives, quant à elles, s’y sont intéressées quasiment dès leur constitution au 20<sup>ème</sup> siècle, avec le concours des neurosciences, l’anthropologie et l’intelligence artificielle.

Dans la philosophie, la conscience a été étudiée de plusieurs manières par un grand nombre de philosophes. Dans le 20<sup>ème</sup> siècle nous pouvons mentionner Husserl, Bergson, Heidegger, Sartre, Merleau-Ponty, Ryle, Searle, McGinn, Chalmers, Dennett, Kim, Lycan, Metzinger, Tye, pour n’en citer que quelques uns. La plupart des philosophes étudiant la conscience aujourd’hui sont non seulement sensibles aux données des sciences empiriques, mais reconnaissent aussi que la complexité de l’objet de recherche exige un effort multidisciplinaire et éclectique :

« A comprehensive understanding of consciousness will likely require theories of many types. One might usefully and without contradiction accept a diversity of models that each in their own way aim respectively to explain the physical, neural, cognitive, functional, representational and higher-order aspects of consciousness. There is

unlikely to be any single theoretical perspective that suffices for explaining all the features of consciousness that we wish to understand. Thus a synthetic and pluralistic approach may provide the best road to future progress" (*tiré de <http://plato.stanford.edu/entries/consciousness/>*)

Une vision plurielle pour approcher la conscience semble donc souhaitable, comprenant l'analyse conceptuelle, la phénoménologie et la recherche empirique. Dans cette optique, l'un de nous a tenté de clarifier au préalable les concepts de 'conscience' et d' 'expérience', qui semblent s'impliquer mutuellement à plusieurs égards<sup>14</sup>. Ensuite, une attention toute spéciale à l'approche neurophénoménologique<sup>15,2</sup> semble s'imposer, car cette approche permet de conjuguer les points de vue en 1<sup>ère</sup> et 3<sup>ème</sup> personne, ce qui est méthodologiquement plus riche et donc souhaitable pour étudier l'objet qui nous occupe.

Par ailleurs, et comme il a été mentionné, il est possible d'étudier la conscience à travers ses états modifiés. Cela offre d'avantages méthodologiques indéniables. Cependant, il n'y a pas (ou très peu) d'initiatives philosophiques occidentales pour étudier la conscience de cette manière. Une raison pour cela est la méfiance —voire le tabou— que suscite tout état mental qui s'écarte de la norme et qui, du coup, ne répond pas aux attentes de la rationalité et de la morale en vigueur. Mais il y a aussi le fait qu'au niveau épistémologique nous manquons d'outils conceptuels et méthodologiques pour explorer et exploiter constructivement ces sphères mentales. Enfin, il y a une espèce d' 'inertie' qui nous pousse à transiter par les canaux habituels de la réflexion, malgré l'incapacité de ceux-ci pour nous montrer un panorama plus large et fidèle des diverses régions de la conscience<sup>14</sup>.

La méthode neurophénoménologique pour étudier des états modifiés de conscience commence à y être appliquée. À cet égard sont notables les travaux d'Antoine Lutz sur les moines en méditation<sup>7</sup> et ceux du Hoasca Project<sup>16-19</sup> par exemple. Nous espérons voir d'autres efforts dans cette direction dans les années à venir. Enfin, à l'instar d'autres chercheurs, dans cette réflexion la conscience perceptive est considérée comme porte d'entrée au thème de la conscience en général. Dès lors, les discussions de l'atelier sont axées largement autour de la perception et de la conscience perceptive, en privilégiant les hallucinations comme exemple paradigmatique de ce qu'est un état modifié de conscience.

## La perception

Le thème de la perception est l'un des plus anciens sujets de recherche dans la philosophie occidentale. On peut citer un grand nombre de théories de la perception émanant depuis les présocratiques jusqu'à nos jours. Dans ces théories l'attention donnée à la modalité visuelle a presque toujours primé sur les autres modalités sensorielles, si bien qu'il ne serait pas exagéré de dire qu'en Occident on pêche d' 'oculocentrisme'<sup>15</sup> foncier.

Dans la recherche de l'un de nous (J. C. González) en épistémologie de la perception, un certain nombre et type de problèmes ont été retenus, notamment ceux relatifs à la rivalité entre les théories directes et les théories indirectes de la perception et ceux relatifs à la distinction entre 'perception véridique' et 'perception non-véridique'. Ces problèmes ont été traités sur une plateforme métaphysique réaliste mais non-objectiviste<sup>16</sup>.

---

<sup>14</sup> Cette 'inertie' serait comparable à la résistance qui empêche de nouveaux paradigmes scientifiques émerger (Cf. Kuhn<sup>145</sup>).

<sup>15</sup> Cette expression provient de Francisco Varela, qui regrettait le trop d'attention donnée à la vue par l'épistémologie occidentale aux dépens des autres sens.

<sup>16</sup> 'Réaliste' puisque nous acceptons volontiers que le monde existe indépendamment de la perception qu'on a ou qu'on peut en avoir de lui. 'Non-objectiviste' puisque nous soutenons que les descriptions du monde —et

Concernant le premier type de problème, nous avons adopté d'emblée une posture 'austinienne'<sup>17</sup> en soutenant que les termes 'directe' et 'indirecte' sont malheureux pour caractériser une théorie de la perception (car ils ne permettent pas de saisir convenablement des enjeux cruciaux en épistémologie de la perception, tels que le rapport entre perception et connaissance ou encore la correcte description du processus perceptif —allant de l'environnement physique jusqu'à la symbolisation de celui-ci) et qu'en fait cette dichotomie crée un faux problème. Nous avons ensuite essayé de caractériser la perception à l'aide de trois dimensions : fonctionnelle, expérientielle et symbolique, de sorte que le processus perceptif puisse être compris quant à sa logique interne, sans ignorer le contexte de l'agent et son insertion et influences dans un environnement physique et symbolique, ainsi que dans une histoire naturelle et culturelle particulières. Dans cette caractérisation, le verbe 'percevoir' est réservé uniquement pour les cas de perception sensorial, où le référent existe objectivement.

Concernant le deuxième type de problème, nous avons dès le départ rejeté les termes 'perception véridique' et 'perception non-véridique' : le premier pour être redondant, le deuxième pour être contradictoire. Plus exactement, sur ce point nous nous sommes de nouveau ralliés à la posture d'Austin : la perception n'admet pas de qualificatifs aléthiques ; seules les propositions (i.e., des entités linguistiques) peuvent être caractérisées comme 'vraies' ou 'fausses'<sup>18</sup>. Du coup, soit on perçoit quelque chose, soit on ne la perçoit pas<sup>19</sup>. Dans cette même direction nous avons suivi et adopté la posture appelée 'disjonctiviste'<sup>20</sup>. Ce préambule a préparé le terrain pour l'analyse et la discussion autour de l'argument réputé être le plus difficile à surmonter par toute théorie de la perception<sup>21</sup> : l'argument de l'hallucination. Nous avons critiqué cet argument<sup>22</sup> en soutenant qu'au moins une de ses prémisses est défectueuse : celle qui affirme qu'un état perceptif et un état hallucinatoire sont phénoménalement indiscernables. Nous avons réalisé une analyse multi-niveau qui développe sept arguments contre cette affirmation<sup>22</sup>. Ailleurs<sup>23</sup>, nous nous sommes penchés sur le problème de la caractérisation positive du phénomène hallucinatoire et nous avons conclu qu'il y a plusieurs type de phénomènes pouvant être appelés 'hallucination', d'où ressort qu'une nouvelle nomenclature est requise à partir d'une étude phénoménologique détaillée sur l'expérience hallucinatoire. Finalement, nous nous sommes intéressés à la phénoménologie de l'expérience perceptive et de l'expérience hallucinatoire et aux mécanismes neuronaux qui sous-tendent ces expériences, dans l'esprit de la méthode neurophénoménologique. Ceci doit aboutir au ferme établissement des bases et des conditions objectives pour fixer le sens de 'percevoir' et à une meilleure compréhension de la perception et de la cognition en général.

## Les hallucinations<sup>20</sup>

Ce dernier thème représente un des domaines le plus travaillé depuis le début de nos recherches en France et incarne bien ce qu'on peut entendre par 'état modifié de conscience'. Par conséquent, cette section est la plus développée dans le volet philosophique.

---

leurs valeurs de vérité— dépendent de la niche écologique, de l'histoire évolutive, de la structure conceptuelle, du contexte et de la perspective de l'agent observateur qui décrit le monde (et ceci n'est pas capturé par le terme 'subjectiviste' que, du coup, nous rejetons).

<sup>17</sup> D'après John L. Austin, philosophe emblématique du courant de 'la philosophie du langage ordinaire'.

<sup>18</sup> Peu importe que 'vraie' et 'véridique' soient différents, car la racine étymologique '*veritas*' est partagée par les deux termes ainsi que, et surtout, l'idée de base derrière les vocables.

<sup>19</sup> Bien entendu, nous pouvons percevoir mal quelque chose (dans une mauvaise lumière ou atmosphère, ou avec sens endommagé, etc.) ; mais si l'on perçoit X, alors il existe quelque chose qui est perçue.

<sup>20</sup> Une bonne partie de cette section provient de l'article (González, J.C. et Dokic, J., 2009. 'Hallucination : vrai ou faux ?', *Cerveau et Psycho*, No. 31, pp. 49-51).

La définition classique d'«hallucination», en tant que « perception fautive ou sans objet »<sup>21</sup>, malgré sa longévité, reste problématique. Tout d'abord, dire qu'une hallucination est une perception fautive ou sans objet laisse croire que c'est une perception. En tant qu'organismes cognitifs, nous avons acquis la capacité perceptive à travers des millions d'années d'évolution et d'interaction avec un milieu qui nous détermine. La perception ouvre sur le monde en temps réel et en tire, au moins partiellement, ses propriétés intrinsèques. De ce point de vue, 'percevoir' est catégoriellement différent d'«halluciner», d'«imaginer» et de «rêver». Ensuite, dire qu'une hallucination est une perception fautive soulève une question : peut-on qualifier une perception (et non une hallucination) de vraie ou de fautive ? Comme nous l'avons vu dans la section précédente, ce sont les propositions, les énoncés, les jugements qui sont susceptibles d'être vrais ou faux, mais pas les états perceptifs. Nous pouvons certainement nous tromper lorsque nous prenons un vêtement sur le sofa pour un chat qui dort, mais ce n'est pas notre expérience sensorielle elle-même qui se trompe, mais le jugement que nous faisons sur cette expérience. Enfin, dire qu'une hallucination est une perception sans objet se heurte au fait que la perception porte sur le monde réel et, par là même, acquiert un contenu. Au niveau linguistique, le verbe « percevoir » exige un complément grammatical, qui désigne le contenu ou l'objet de la perception (qui n'est pas forcément un objet matériel). Autrement dit : une perception porte toujours sur un objet, et dire qu'une hallucination est une perception sans objet est un contresens.

Il est important de distinguer l'hallucination de l'illusion, l'imagination ou encore la rêverie, bien qu'il puisse y avoir des similitudes entre ces états. Y a-t-il donc une définition d'«hallucination» qui évite ces difficultés, qui la distingue d'autres concepts semblables et qui, enfin, prene acte qu'elle peut changer de modalité et mode d'induction ? Car selon la nature de son induction, la façon dont elle se manifeste, la personnalité et le contexte socio-culturel de celui qui en est l'objet, l'hallucination peut être vécue comme une simple curiosité cognitive, une grâce visionnaire sacrée, une source d'information, ou encore une pathologie angoissante.

Dans ses Méditations, Descartes pose une question qui préoccupe les philosophes qui s'intéressent à la théorie de la connaissance : comment être certains que nos sens ne nous trompent pas ? Comment être sûr que, par exemple, ce que je crois être mon expérience du monde perçu n'est pas en réalité un rêve ? À l'instar de Platon —et à l'encontre des philosophes empiristes— Descartes estime que l'expérience sensorielle ne peut pas fonder ni fournir une connaissance dépourvue d'erreurs, et que la raison est la seule capacité humaine qui peut nous offrir des certitudes. Descartes est donc un sceptique à l'égard de la connaissance empirique, car il se méfie de tout ce qui provient des sens. Dès lors, les hallucinations constituent peut-être le plus grand défi pour les épistémologues qui s'occupent de la théorie de la perception car, tout comme les rêves, elles sont supposées être indiscernables des perceptions réelles. Qui plus est, le sujet ou agent est présumé être éveillé et conscient lorsque le phénomène se produit. Quel est donc ce phénomène qui ne porte pas sur le monde physique, mais se manifeste alors que le sujet est éveillé ? En raison de cette apparente contradiction, les hallucinations ont été traditionnellement l'argument sceptique principal, le talon d'Achille, des théories de la perception. Cependant, dès qu'on étudie le phénomène plus en détail, on voit disparaître plusieurs préjugés et suppositions qui l'ont occulté au détriment d'une analyse conceptuelle et empirique solide et d'une théorie de la perception capable de répondre aux arguments des sceptiques.

La plupart des philosophes de la perception ont invoqué la notion d'hallucination quand ils cherchaient à contrer le « réalisme naïf » selon lequel nous percevons des choses et des

---

<sup>21</sup> Cette définition remonte au 19<sup>ème</sup> siècle et a été conçue ou du moins consacrée par E. Esquirol.

événements physiques, indépendants de l'expérience que nous en avons. La prémisse principale de l'« argument de l'hallucination » est que toute perception ordinaire pourrait être remplacée par une expérience hallucinatoire sans que le sujet ne s'en aperçoive. À partir de cette prémisse, l'argument tente d'établir que toute expérience sensorielle, au-delà des seules hallucinations, porte sur une donnée sensorielle « interne », ou du moins distincte du monde physique tel que nous croyons le percevoir. L'argument de l'hallucination, généralement accepté par les philosophes classiques, est la cible de nombreuses discussions critiques dans la philosophie contemporaine. Deux positions principales en émergent. Selon l'intentionalisme, la perception ordinaire et l'expérience hallucinatoire relèvent bien de la même espèce d'expérience (sensorielle), mais doivent être considérées comme des représentations mentales, vraies dans un cas, fausses ou sans objet dans l'autre. L'intérêt de cette position est qu'elle n'a pas besoin de postuler de données sensorielles internes, même dans le cas hallucinatoire : puisqu'il ne s'agit que de représentations mentales, nul besoin de faire appel aux signaux issus du monde extérieur qui déclenchent une expérience sensorielle.

Selon une autre position, le relationalisme, la perception ordinaire doit être conçue en termes réalistes, comme une relation fondamentale au monde physique, distincte d'une hallucination. Par conséquent, dans cette approche, la perception ordinaire et l'expérience hallucinatoire, bien qu'apparemment indiscernables, relèvent de deux approches cognitives différentes. Lorsqu'un éléphant rose nous apparaît visuellement, notre expérience est ou bien véridique (un éléphant rose se trouve réellement en face de nous) ou bien hallucinatoire, d'où l'appellation de « théorie disjonctive de la perception ».

*La difficulté principale de l'intentionalisme est que l'hallucination semble nous présenter des objets particuliers, que l'on retrouve parfois d'une expérience hallucinatoire à la suivante. Quant au relationalisme, il rejoint le sens commun pour ce qui concerne la nature de la perception ordinaire (qui nous met effectivement en relation avec les choses et les événements qui nous entourent), mais pêche par l'absence d'une théorie satisfaisante de l'hallucination et de ses objets apparents.*

La notion philosophique d'hallucination, conçue comme une expérience indiscernable d'une perception ordinaire, est donc avant tout une « fiction utile », que les philosophes ont forgée pour essayer d'éclairer la nature de la perception ordinaire plus que celle des phénomènes hallucinatoires réels. Une différence importante entre les hallucinations au sens philosophique et les hallucinations réelles concerne la lucidité cognitive du sujet. Quand le philosophe fait l'hypothèse d'une expérience hallucinatoire subjectivement indiscernable d'une perception ordinaire, il suppose que le sujet est cognitivement lucide, au sens où toutes ses facultés cognitives « supérieures » (ses pensées et son raisonnement) sont préservées. Il en va autrement des hallucinations réelles, qui sont souvent accompagnées d'une altération de cette cognition supérieure. Une autre différence pertinente concerne le fait que des sujets hallucinatoires sont capables, dans certains cas, de distinguer leur expérience extra-ordinaire de leurs perceptions ordinaires, contrairement à ce qu'implique (par définition) la notion philosophique d'hallucination.

*Ainsi, l'objectif des philosophes est de mettre en évidence les traits qui distinguent l'expérience hallucinatoire de la perception ordinaire. Par exemple, la perception ordinaire implique des contingences sensorielles et motrices caractéristiques<sup>24</sup>. Ainsi, quand nous voyons un objet familier, nous avons des attentes, au moins implicites, sur la façon dont il*

*nous apparaîtrait si nous nous déplaçons autour de lui, ou si nous le manipulions. Il n'est pas évident qu'en dehors des expériences de pensée philosophiques, l'expérience hallucinatoire implique les contingences sensori-motrices de la perception ordinaire. Gageons que la conscience de ces contingences est l'un des éléments qui sous-tend le sens de la réalité, de l'irréalité ou au contraire de l'hyper-réalité des objets de l'expérience d'un sujet hallucinant.*

Étant donné les difficultés que nous avons évoquées quant à la définition des hallucinations, il semble risqué de se prononcer de façon définitive sur la nature des hallucinations, ainsi que sur les conséquences de celles-ci sur nos théories de la conscience et de la connaissance. Toutefois, nous pensons que l'étude des hallucinations est utile pour éclairer la nature de l'expérience perceptive, de la conscience et de la connaissance ; qu'il est possible et souhaitable de distinguer un état perceptif réel d'un état hallucinatoire réel ; enfin, qu'une description précise du phénomène hallucinatoire serait à même de distinguer entre ces deux types d'état, tout en permettant de mieux saisir notre relation cognitive avec le monde et la nature de la conscience des phénomènes. Enfin, indépendamment de l'intérêt philosophique des hallucinations, celles-ci peuvent être vécues soit comme des épisodes trompeurs, indésirables ou pathologiques, soit comme des épisodes visionnaires, bénéfiques ou salutaires. Il suffit de penser aux sujets qui se disent mus par des voix diaboliques lorsqu'ils commettent des crimes épouvantables ou à des chamanes qui guérissent des maladies graves en étant — d'après leur dires — guidés par des visions extra-ordinaires, pour apprécier le gouffre conceptuel qu'il peut y avoir entre les diverses interprétations de ce qu'est une 'hallucination'.

Une bonne partie de notre étude philosophique sur les hallucinations et autres états modifiés de conscience s'est appuyée sur les descriptions des états induits par l'ingestion des substances hallucinogènes (pour des raisons largement discutées déjà). Finissons donc cette partie avec une cite, à notre avis éclairée, de Charles Duits où il tente d'expliquer l'attitude des Occidentaux face aux états modifiés de conscience — plus exactement, face aux plantes (qu'il appelle, à l'instar de beaucoup de peuples indigènes traditionnels) 'sacrées', qui sont bien connues pour induire des états modifiés de conscience :

*« A l'égard des plantes sacrées, les Occidentaux et leur conscience ont instinctivement adopté une attitude hostile. Ils voient ceux qui utilisent les plantes — sans se soucier de l'honorabilité de leurs intentions — comme des transgresseurs, comme des fautifs ; ils refusent même de reconnaître que ces plantes ont et restent une partie intégrante de la vie religieuse de certaines civilisations et peuples indiens. Ce rejet, et ce malaise symptomatique, surgit principalement... de l'image de la relation entre l'Homme et l'Univers conçue par les Occidentaux. C'est parce que nous ne nous laissons jamais influencer par le doute — nous, qui avons néanmoins fait du doute le fondement de notre tradition philosophique — que l'acceptation de cette image de l'utilisation des plantes sacrées nous choque et nous effraie. Il nous paraît évident que toute substance qui affecte l'esprit — terme que nous n'utilisons en fait que pour désigner l'intelligence — est, fatalement, un élément obscurcissant, un 'narcotique'. En partant de cela, chaque fois qu'un utilisateur de plante s'exprime, il est automatiquement discrédité. Si les plantes sacrées trompent nos sens, alors il faut les interdire, ce qui justifie l'attitude des autorités. Mais qu'en est-il si elles ont un effet tout autre ? Personne ne prend cette possibilité en considération. La conséquence serait trop lourde » (Duits, 1994a : 11-12).*

## Méditation

### Description

La méditation est un terme général désignant une **pratique mentale ou spirituelle qui consiste à porter son attention sur un certain objet**. On en distingue principalement deux classes: la méditation à attention focalisée et celle à attention diffuse. Toutefois, ces deux extrêmes bornent un continuum formé par un ensemble de pratiques à travers le monde. Si la méditation est très **anciennement utilisée dans diverses cultures humaines, les bases neurophysiologiques de cette pratique en revanche restent méconnues**. Les premières études qui lui font référence datent des années 50 mais il faut attendre les années 90 pour voir un essor d'intérêt envers ce champ d'investigation. A présent, de nombreuses équipes à travers le monde multiplient des paradigmes expérimentaux impliquant la méditation. Leurs objectifs sont à la fois du ressort de la recherche fondamentale et de la thérapeutique. Ainsi de nombreuses études ciblent le traitement de certaines pathologies d'actualité comme par exemple la **dépression** ou l'**hyperactivité**. Fait important attestant de cet intérêt grandissant pour la méditation, le « National Institute of Health » (NIH) États-Uniens a pour projet d'ici deux ans de créer un centre totalement consacré à cette thématique réunissant des spécialistes en physiologie, immunologie, neurosciences et psychologie. Il est important de noter que ce champ de recherche est également lié à un regain d'intérêt dans l'intégration de l'expérience première personne concernant l'étude du phénomène conscient. Le projet neurophénoménologique développé par Francisco Varela fait partie de cet élan méthodologique. Par une méthode rigoureuse de l'étude des rapports de l'expérience consciente à la première personne combinée à l'analyse de signaux neurodynamiques, cette approche a été appliquée avec succès à la méditation, ouvrant ainsi un champ paradigmatique pour son étude.

### Effet corporels

La méditation entretient par sa composante relaxante un lien direct avec le corps. Cependant les effets physiques sont très diversifiés et peu de résultats permettent de fournir une explication à ce qui est constaté. En ce qui concerne la perception de soi, la méditation semble par exemple changer à la fois les représentations que nous nous faisons de nous-mêmes à bas niveau aussi bien qu'à haut niveau<sup>25</sup>. Elle modifie notamment les réseaux corticaux impliqués dans la perception du corps<sup>26</sup>. Et sans en augmenter les performances perceptives<sup>27</sup>, elle **semble changer le concept intrinsèque de « soi »** chez ceux qui la pratique en induisant notamment une dépersonnification du sujet<sup>25</sup>. La méditation peut également être vue comme un état d'éveil hypo métabolique<sup>28</sup>. Les circuits sympathiques et parasympathiques, formant le système nerveux autonome, sont en effet impliqués notamment par le contrôle respiratoire continu<sup>29</sup>, qui dans beaucoup de pratiques méditatives est l'objet même de l'attention portée. Ce contrôle respiratoire exerce un effet sur le système cardiovasculaire chez les méditants experts<sup>30</sup>; notamment par une augmentation de l'activité parasympathique ainsi que de l'Arythmie Sinusale Respiratoire (ASR). Ces experts en méditation révèlent également un **besoin en sommeil moins élevé que la population moyenne**<sup>31</sup>, **ce qui pourrait s'expliquer par une meilleure régulation du système nerveux autonome**. Concernant le système immunitaire, de nombreuses études restent à faire afin de montrer un réel impact de l'activité méditative. Quelques études ont commencé à démontrer une **meilleure réponse aux infections** en comparant des méditants expérimentés à des non-méditants<sup>32,33</sup>. La multiplication de ce type d'études révèle un réel potentiel concernant la compréhension des

**interactions entre le système nerveux autonome et le système immunitaire.** La méditation aurait également un potentiel de ralentissement du **vieillessement cérébral** <sup>26,34</sup>. Bien que constaté, cet effet bien reste inexpliqué.

### Contrôle attentionnel

L'**attention** joue un rôle central dans la méditation. De nombreuses études révèlent qu'elle induit une amélioration des processus attentionnels à plusieurs niveaux. Les structures affectées sont notamment celles impliquées dans l'apprentissage et la prise de décision comme le cortex préfrontal dorsolatéral, le gyrus frontal supérieur et le gyrus intra pariétal <sup>35</sup>. Ces effets semblent corrélés au niveau de pratique du méditant. Ceci tend à prouver qu'au fil de l'entraînement, la méditation devient de plus en plus efficace et possède une inscription biologique mesurable. Cette régulation attentionnelle semble être la résultante de trois processus <sup>36</sup>:

1. La **concentration sélective** et intense qui implique des structures telles que la jonction temporo-pariétale, le cortex préfrontal ventro-lateral, le champ oculaire frontal (FEF) et le sillon intra pariétal<sup>37</sup>.
2. Le **contrôle permanent sur l'objet** de l'attention qui est un état de vigilance constant se traduisant par une augmentation des **synchronisations** entre le thalamus, le cortex frontal droit et le cortex pariétal droit <sup>38,39</sup>.
3. Les **sauts attentionnels** contrôlés <sup>25,36</sup>, permettant de revenir à l'objet de la méditation en cas de dérive attentionnelle, et qui sont liés entre autres à l'activité du cortex cingulaire antérieur et du cortex préfrontal dorsolatéral.

Du point de vue des performances attentionnelles, la méditation améliore de manière significative les scores de **négativité de discordance** <sup>40,41</sup>. Elle permet de moduler un effet attentionnel pourtant supposé largement automatique nommé « **attentional-blink** »<sup>42</sup>. Elle améliore l'habituation perceptive<sup>43</sup> et permet une remise en œuvre plus rapide des ressources attentionnelle<sup>44</sup>. Des expériences sur la rivalité binoculaire ont également permis de montrer à quel point la méditation pouvait modifier le contrôle cognitif sur les perceptions à leurs plus bas niveaux. Les travaux d'Olivia Carter ont notamment permis de mesurer en rivalité binoculaire un allongement significatif des périodes de perceptions cohérentes chez des moines experts en méditation focalisée <sup>8</sup>. Ces résultats ont également été reproduits dans le cas de stimuli visuels en conflits à plus haut niveau <sup>45,46</sup>. Mais d'un point de vue paradigmatique la méditation permet surtout d'étudier de manière innovante le contrôle des **dérives attentionnelles** ("mind wandering") puisqu'il est au cœur de la pratique. Ce phénomène de glissement de l'attention permet non seulement de montrer le caractère fluctuant de l'attention mais il montre aussi qu'il est possible de l'observer et de le contrôler. On parle alors de **méta-conscience** où le contenu même de l'expérience est re-représenté <sup>47,48</sup>. Une étude comparant sujets entraînés et naïf à la pratique de la méditation a ainsi mis en évidence une implication du cortex préfrontal médian lors d'épisodes de dérives de l'attention<sup>49</sup>. De plus, cette étude a également montré à contrario que l'état méditatif maîtrisé conduisait parallèlement à une désactivation de cette structure et à une activation du cortex préfrontal droit et des aires viscéro-somatiques. Ceci tendrait à prouver une **différence fonctionnelle entre le soi corporel inscrit dans le présent et l'image du soi projeté dans le passé ou le futur**. L'hypothèse sous-jacente est que tout agent cognitif doit nécessairement fluctuer attentionnellement entre sa perception de l'environnement et l'analyse raisonnée des

informations qu'il en extrait<sup>50</sup>. La dérive attentionnelle est alors considérée comme l'interférence d'une tâche forcée et ce fonctionnement oscillatoire par défaut. La pratique poussée de la méditation permettrait donc d'améliorer le contrôle sur ce fonctionnement spontané de l'attention<sup>36</sup>. De ce fait, une approche thérapeutique peut être envisagée.

### Contrôle émotionnel

Un autre aspect intéressant de la pratique méditative est qu'elle permet d'améliorer le contrôle sur les émotions. Certes, cet effet est implicitement lié à ceux déjà cités mais certains processus spécifiques interviennent aussi dans cette régulation. En augmentant la sensibilité des sens liés au corps, la méditation permet tout d'abord de mieux percevoir les émotions elles-mêmes. Elle réduit également les dérives attentionnelles en agissant sur la concentration ce qui a pour effet de réduire les réactions aux émotions. Après plus de vingt ans de recherche sur les **émotions** de nombreuses preuves expérimentales attestent que **l'asymétrie des activités corticales**, notamment au niveau du cortex préfrontal, corrélient avec la manière dont nous percevons les émotions et comment nous y faisons face<sup>51,52</sup>. Une activation préférentielle pour le cerveau antérieur gauche est ainsi liée à une réaction positive face à des émotions négative<sup>53</sup>. L'entraînement à **la méditation de type « Mindfulness » a un effet sur l'activation du cortex préfrontal gauche dans la bande alpha**<sup>32</sup>. Cet effet est de plus associé à une **réduction de l'anxiété** et une meilleure réactivité vis-à-vis des affects jugés négatifs. Ces effets sont expliqués par la forte connectivité entre le système nerveux autonome et la partie antérieure du cerveau<sup>54</sup>: le côté gauche étant plus connecté au système parasympathique et le côté droit avec le système sympathique. La méditation agit en aidant à accepter les émotions comme un phénomène qu'il n'est pas nécessaire de juger. Le fait de l'observer sans chercher à l'interpréter et lui donner une connotation positive ou négative permet ainsi de mieux les contrôler. Ce **contrôle sur les émotions est médié par le contrôle attentionnel et le contrôle cognitif** ; or la méditation agit sur ces deux processus de manière très efficace. L'équanimité face aux sensations est également un principe clef rencontré à travers la plupart des pratiques méditatives. Mis en lien avec l'hypothèse des marqueurs somatiques de Damasio<sup>55</sup>, cette équanimité permettrait également d'expliquer l'efficacité à long terme de la méditation sur le contrôle émotionnel. Outre les **répercussions théoriques sur notamment la plasticité cérébrale chez l'adulte**, l'ensemble de ces phénomènes, mesurés et prouvés, laisse de gros espoir sur le plan thérapeutique.

### Applications thérapeutiques

**Depuis de nombreuses années, la méditation est appliquée avec succès aux Etats-Unis, dans des programmes thérapeutiques** liés au contrôle des émotions comme par exemple dans les troubles du comportement alimentaire, la dépression, le traitement de la douleur ou encore celui de l'hyperactivité. Ces applications de la pratique méditative se sont faites en parallèle de ce qu'on appelle la troisième vague de psychothérapie formé en partie par les thérapies cognitives. Concernant la régulation des émotions, les travaux de Davidson et Kabat-Zinn<sup>56-58</sup> ont montré que des résultats durables apparaissaient après 6 mois d'entraînement à la méditation mindfulness. De manière plus générale, la régulation émotionnelle peut aider dans le traitement des troubles dissociatifs, de l'alexithymie ou de manière plus générale dans tous les comportements d'évitement des émotions. La dépression a fait également l'objet de nombreux programmes thérapeutiques impliquant la méditation, par exemple ceux de Jon Kabat-Zin avec la méditation mindfulness (MBSR) ou encore ceux de McQuaid associant méditation et thérapie cognitive. De telles approches remportent de plus

en plus de succès car **sans l'emploi de médicament** elles permettent de **conserver l'intégrité cognitives des patients** et montrent une **baisse du taux de rechute**<sup>59,60</sup>

Ainsi la méditation semble par ces nombreux aspects être un sujet de recherche très prometteur en sciences cognitives. Tant sur le plan de la recherche fondamentale que sur celui de la thérapie, même si des équipes à travers le monde ont déjà entamé des programmes de recherche sur cette thématique, nombreuses choses restent à élucider notamment sur le mode d'action de la méditation. Car si les effets de la pratique méditative commencent à être bien recensés, **les processus au cœur de la méditation restent très méconnus.**

## Hypnose

### Qu'est-ce que l'hypnose ?

Si la méditation commence à être admise aussi dans le cadre thérapeutique, l'hypnose est un excellent exemple de pratique faisant appel aux états modifiés de conscience qui a su trouver sa place dans le paysage des pratiques cliniques. Pourtant, elle a du traverser une lourde période de remise en question. Il serait inexacte de fixer une date précise pour l'apparition de l'hypnose car, comme en ce qui concerne la méditation, il existe un spectre continu de pratiques proches dans les cultures ancestrales. De plus, même aujourd'hui il est difficile de fixer une frontière franche entre plusieurs pratiques s'en approchant. Actuellement, **la définition la plus consensuelle de l'hypnose est l'induction d'un état cognitif dans lequel la nature sceptique et critique d'une personne est contournée de manière à permettre l'acceptation de suggestions.** Elle est également souvent décrite comme l'état de transe normale avec une attention focale et réceptive. Ce dernier cas apparaît spontanément lors d'activités qui absorbent toute l'attention: lecture d'un livre passionnant, visionnage de la télévision après une journée fatigante, activités monotones répétitives, etc. Dans cet état de réceptivité à la suggestion positive il a été constaté que des changements cognitifs et physiologiques pouvaient être induits de manière efficace. Toutefois, **ces effets restent inexplicables** et continuent de défier les fondements de la médecine moderne.

### Un bref historique

Historiquement, on peut voir une première apparition formalisée en occident avec les travaux de Franz Anton Mesmer. Celui-ci l'introduit en 1778 sous la dénomination de "magnétisme animal". Mais Mesmer fût rapidement contesté puis discrédité notamment par une commission dirigée par Benjamin Franklin sous la demande de Louis XVI. Le rapport de cette commission fût d'ailleurs repris par Thomas Jefferson afin d'empêcher la diffusion du "Mesmérisme" aux Etats-Unis. Il va falloir attendre le 19<sup>ème</sup> siècle pour revoir apparaître des travaux similaires. C'est à cette époque que le terme d'hypnose est créé par James Braid. Celui-ci commença par introduire des techniques basées sur le mouvement du regard pour induire l'état d'hypnose puis découvrit l'intérêt d'y ajouter des suggestions. A la même époque, John Elliotson et James Esdaile commencèrent à utiliser l'hypnose comme anesthésie pour leurs opérations chirurgicales. Malgré un taux de mortalité très faible pour l'époque, la technique sombra dans l'oubli à cause de la popularisation de l'éther et du chloroforme.

C'est au XX<sup>ème</sup> siècle que l'hypnose trouve enfin une reconnaissance parallèlement à la psychanalyse. Milton Hyland Erickson, influencé par les travaux de Carl Leonard Hull, pose alors les bases de ce que l'on pourrait nommer l'« hypnose moderne » ou « hypnothérapie » en 1937. Il construisit un ensemble d'outils basés sur la conversation permissive et respectueuse, ce qui représente un fort changement par rapport aux anciennes méthodes beaucoup plus autoritaires. Il introduit également la régression au cours de laquelle le patient peut revivre son passé tout en étant guidé par le thérapeute. Erickson développe aussi l'autohypnose afin que les patients puissent s'impliquer eux-mêmes dans le processus thérapeutique. Mais il faudra attendre 1958 pour qu'une étude du Conseil sur la Santé Mentale soit approuvée par l'Association Américaine de Médecine, suivie de celle de Psychiatrie en 1961. En France, les intérêts pour l'hypnose reprennent également dans les années 50 mais il faudra attendre 1971 pour que Léon Chertok, psychiatre et psychanalyste français inaugure à Paris le Laboratoire d'Hypnose Expérimentale.

## L'hypnose aujourd'hui

Mais la méfiance face à l'hypnose reste toujours présente, notamment vis-à-vis **d'éventuels effets secondaires** tels que l'apparition d'états anxieux, somnolents ou de maux de tête. Mais ces effets **demeurent souvent liés à des défauts dans la technique de l'hypnothérapeute**. L'un des principaux défauts est la non-vérification de l'acceptation totale des suggestions chez le patient. Bien qu'un consentement écrit ne soit pas nécessaire, un entretien avant l'hypnothérapie est souvent utilisé pour prévenir de ce problème. L'hypnose reste tout de même un **traitement bénin avec peu de contre-indications**. C'est d'ailleurs son gros intérêt compte tenu du **champ extrêmement large** qu'elle possède.

## Un large champ d'applications

La première application et la plus reconnue et étudiée est celle du traitement de la douleur. Celle-ci fût approuvée sur **plusieurs causes de douleurs: chroniques, chirurgicales** <sup>61</sup>, **psychologiques, soins palliatifs** <sup>62</sup>, etc. De nombreuses expériences réalisées en laboratoire démontrent sa grande efficacité <sup>63</sup> et commencent à exhiber des pistes explicatives de son fonctionnement. Mais elle permet également de développer de nouveaux paradigmes expérimentaux et d'ainsi approcher de manière innovante le problème de la perception de la douleur (ou "**nociception**") et ceci sous ses différentes formes: la composante sensorielle qui permet son identification qui semble être associée à l'insula et au cortex somatosensoriel ; la composante émotionnelle qui est nécessaire au signalement de l'inconfort et qui est plutôt liée au cortex cingulaire antérieur ; et enfin la composante cognitivo-comportementale permettant l'interprétation de la douleur et sa modulation dans laquelle est impliqué le cortex préfrontal et prémoteur. **Il n'y a donc pas de centre cérébral spécifique à la douleur** <sup>64</sup>. **On parle en générale de la matrice corticale de la douleur**, et c'est cette matrice **que l'hypnose cherche à moduler dans ses différents modes de fonctionnement** <sup>65</sup>. Les études menées ont également permis la mise en place de protocole de **neurofeedback en IRMf** <sup>66</sup> dans lequel les sujets apprennent à moduler eux-mêmes leurs douleurs. **L'analgésie par hypnose a également été bien différenciée de celle par placebo**: des études ont montré sa totale indépendance du système des récepteurs aux opiacés <sup>67</sup>.

D'un point de vue thérapeutique beaucoup d'autres applications sont possibles: traitement des **migraines** <sup>68,69</sup>, trouble du fonctionnement des organes notamment de l'intestin <sup>70</sup>, traitement des **angoisses**, des **phobies** ou du trac, **arrêt du tabac** <sup>71,72</sup>, **dermatologie** (eczéma, pelade) <sup>73</sup>, traitement de l'obésité <sup>74</sup>, otorhinolaryngologie <sup>75</sup>, soin de l'asthme <sup>76</sup>, traitement de l'hémophilie <sup>77</sup>, soin de l'hypertension <sup>78</sup>, oncologie <sup>79,80</sup>, **traitement des allergies** <sup>81</sup>, obstétrique <sup>82,83</sup>, rhumatologie <sup>84</sup>.

## Outil et Sujet de choix pour les neurosciences fondamentales

D'un point de vue neuroscientifique, les potentiels sont également très variés: outre l'étude de la **perception de la douleur**, la régression sous hypnose a permis l'étude de la **remémoration de souvenirs**. Il a été ainsi révélé que l'hypnose différait de l'état de rêve ou d'imagination car le processus de remémoration sous hypnose était plus un revécu de l'expérience <sup>85</sup>. L'hypnose permet également la modulation de la perception et d'une manière contrôlable ce qui est un avantage certain au niveau **paradigmes en sciences cognitives**. Là aussi, les sujets peuvent avoir des **hallucinations contrôlées** au cours desquelles les structures neurales activées sont plus proches de celles impliquées dans la perception réelle que lors de l'imagination ou de la

remémoration <sup>86,87</sup>. On retrouve ce phénomène lors de la **modulation de la motricité par l'hypnose**: l'activité alors induite est similaire à celle produite lors de la production réelle du mouvement.

Du point de vue de l'hypnose elle-même, certaines études se sont intéressées aux facteurs de l'hypnotisabilité <sup>88</sup>. Il apparaît **que les sujets possédant un corps calleux plus épais au niveau du rostrum soient plus sensibles à l'hypnose**. Cette partie sert au transfert d'information entre les deux cortex préfrontaux et est souvent associée à l'attention. Chez ces **patients hautement hypnotisables**, il est **possible de réduire fortement les conflits cognitifs**: des études ont notamment montré une très forte augmentation de leurs performances dans un test de Stroop sous hypnose <sup>89</sup>.

### Conclusion

L'hypnose a déjà permis de grandes avancées, tant sur le plan thérapeutiques que sur celui de la recherche fondamentale <sup>90</sup>. Toutefois il reste encore à expliquer son fonctionnement et à imaginer d'autres applications. En France, quelques centres de recherches continuent des travaux dans ce domaine et ainsi soutiennent l'intérêt scientifique des états modifiés de conscience.

## Substances dites hallucinogènes ou psycho-intégratrices

### Rappel sur hallucinogènes

Avant tout il faut noter que la **terminologie** même de ces substances « psychédéliques », ou « hallucinogènes » est **débatue**, et, s'avère **ambigüe**. De nombreux termes ont été proposés au fil du temps, de « psychodisleptique » à « onirogènes » en passant par « lucidogènes » (Charles Duits). Psycho-intégrateur est un terme pour refléter le rôle catalytique que ces substances exercent dans le processus psycho-thérapeutique, proposé par Winkelmann<sup>91</sup>. Enthéogène fait référence au sens du sacré/divin caractéristique de ce type d'expérience<sup>92</sup>. Des plantes contenant des substances hallucinogènes sont utilisées rituellement dans des contextes médicaux et/ou spirituels par différents peuples depuis des temps très reculés. Ces plantes sont considérées sacrées et l'expérience associée à leur ingestion rituelle est plutôt décrite comme visionnaire que pathologique. Le mot psychédélique est un néologisme qui combine les mots grecs pour "esprit," ψυχη (psyche), et "rendre manifeste," δηλειν (delein).

Les substances dites psychédéliques ou hallucinogènes ont un effet très variable sur l'homme, elles touchent la quasi-totalité des fonctions perceptuelles, cognitivo-émotionnelles, en particulier la conscience de soi et la conscience du corps, aussi bien au niveau des fonctions perceptivo-motrices de base que des processus plus complexes de raisonnement et de décision. La phénoménologie de ces états s'étend sur un très large spectre qui comprend les hallucinations, les distorsions de la perception, la synesthésie, une altération de l'état d'éveil, des états mystiques et potentiellement des psychoses.

Ces substances sont **non-addictives**, leur action n'est **pas neurotoxique**, et leur **usage médical supervisé est relativement sûr** <sup>93,94,91</sup>. **Divers peuples en font un usage régulier** dans un rituel s'inscrivant dans une tradition et une cosmovision. Un article de Science en 78 <sup>95</sup> faisait remonter l'usage du Peyote par les Nord-Amérindiens aux environ de l'an -900 (soit il y a environ 3000 ans), un article récent <sup>96</sup> conclut que ces peuples ont **découvert les propriétés psychotropiques du Peyote il y a 5700 ans**. On en sait très peu scientifiquement sur le fonctionnement de ces substances et la manière dont elles peuvent altérer de manière drastique le fonctionnement cognitif des humains.

Contrairement à la plupart des médicaments, leur effet est très dépendant du contexte de l'expérience et des attentes du patient, d'où un de leur nom ; psychédélique (« qui manifeste ou révèle la psyché »). C'est pour cela qu'**il est indispensable d'associer une psychothérapie au traitement et de prendre en charge le patient de manière spécifique**.

On distingue trois groupes chimiques :

- Les tryptamines (acide lysergique, psilocybine, ibogaïne, dimethyltryptamine). De par leur structure moléculaire proche de la sérotonine, ils se lient aux récepteurs sérotoninergiques 5HT2A, d'une manière spécifique <sup>97</sup>. Parmi les « traces amines », ces nouveaux transmetteurs découverts très récemment, se trouvent plusieurs hallucinogènes triptaminiques endogènes, notamment la dimethyltryptamine. <sup>98-100</sup>
- Les phényléthylamines (mescaline et 3,4-methylenedioxyamphetamine (MDMA)). Ils agissent également sur le système sérotoninergique mais surtout sur le circuit dopaminergique de par leur ressemblance à la dopamine.

- Certains considèrent également les anesthésiques dissociatifs, tels que la kétamine et la phencyclidine, comme faisant partie de la famille des psychédéliques, bien que leur mode d'action soit différent (ils se lient aux récepteurs NMDA).

### La recherche sur les substances hallucinogènes au milieu du 20<sup>ème</sup> siècle

La découverte de l'acide lysergique en 1943 par Albert Hofmann, suivie par l'extraction de la molécule de psilocybine en 1958, ont suscité un vif enthousiasme de la part de psychiatres et des chercheurs en psychologie pour la famille des substances dites psychédéliques ou hallucinogènes. Dans les années 60 et 70, diverses études ont exploré de nombreuses **applications potentielles**, notamment le traitement de l'**alcoolisme**, de l'**angoisse des patients en stade terminal**, des **troubles obsessionnels compulsifs** ainsi que des diverses conditions psychopathologiques. Ces substances étaient administrées dans un **cadre psychothérapeutique rigoureux et contrôlé, sous la supervision de professionnels ayant reçu une formation adaptée aux états cognitivo-émotionnels particuliers à ce type d'expérience**. Ce fut l'époque de l'engouement pour l'**approche dite psychomimétique** ; on espérait, grâce aux recherches sur ces substances, comprendre les troubles mentaux tels que la schizophrénie et l'autisme et progresser dans notre compréhension du cerveau. En dépit de résultats prometteurs la recherche chez l'homme a été délaissée entre 1972 et 1990. Ce type de recherche prend de l'ampleur depuis le début des années 90, et bénéficie du soutien d'institutions de recherche notamment le Heffter Research Institute et Maps aux Etats-Unis et de la fondation Beckley ainsi que l'Association Suisse des Médecins pour la Thérapie Psycholitique en Europe. Un certain nombre d'études, fondamentales et appliquées, sont en cours dans le monde (Allemagne, Suisse, Israël, Espagne, Finlande, USA, Canada, Mexique), sur des thématiques d'actualité en sciences cognitives. Elles sont d'autant plus importantes à considérer dans la politique d'orientation de la recherche dans la mesure où **la France fait preuve d'un véritable retard dans ce domaine stratégique**.

### Intérêt pour la recherche fondamentales

Nous ne détaillerons pas ici les thématiques de recherche fondamentale spécifiques à la neuropsychopharmacologie des hallucinogènes, qui est très vaste et fait l'objet d'études incessantes, notamment chez l'animal. Nous considérerons plutôt l'utilisation de ces substances en tant qu'outil d'investigation pour les sciences cognitives. Elles offrent en effet l'avantage de permettre **l'induction temporaire et contrôlée d'altérations profondes de la conscience et de la perception, chez des sujets sains**. L'objectif est donc d'une part de mieux comprendre et caractériser les états de conscience modifiés, ce qui est théoriquement possible dans la mesure où ces états partagent une phénoménologie et une psychobiologie commune, indépendamment du mode d'induction<sup>101</sup> (il existe différents tests et échelles pour l'évaluation subjective des états de conscience modifiés (APZ, PE et HRS, pour Abnorme psychische. Zustaende<sup>102</sup>, Peak Experience et Hallucinogenic Rating Scale<sup>103</sup>). D'autre part, à l'instar de la stimulation magnétique transcranienne, il est possible en étudiant les perturbations du système cognitif, d'élucider son fonctionnement « normal ».

Dans un paradigme en double aveugle utilisant la psilocybine, Wittmann et al.<sup>10</sup>, ont montré l'implication sélective du système sérotoninergique dans le **traitement de durées supérieures à 2-3 secondes** et dans le **contrôle volontaire de la vitesse d'exécution de mouvement**. Ces résultats ont également été élargis dans le cadre du modèle « dual klepsydra » d'écoulement interne du temps<sup>104</sup>. D'autres études sont en cours sur le liage perceptuel et la mémoire. En

partant de l'observation des motifs géométriques visuels induits par différents hallucinogènes, Klüver a défini quatre catégories de constantes de formes. Inspirés par ces observations, Bressloff et al.<sup>105</sup> ont établi un **modèle général du cortex visuel primaire**, dont les paramètres permettent de reproduire le cas particulier des hallucinations géométriques. Leur approche suggère que les mécanismes corticaux impliqués dans les hallucinations sont fortement liés à ceux de traitement des bords, contours, surfaces et textures.

Bien qu'utiles pour étudier différents processus cognitifs, les substances psychédéliques s'avèrent particulièrement efficaces pour **l'étude de la conscience et ses corrélats neuronaux**. Les hallucinations induites par les agents psychédéliques sont une **illustration extrême du gouffre explicatif entre expérience subjective et mesure objective comportementale et neurophysiologique**.

Le très classique paradigme de **rivalité binoculaire**, dont la mise en œuvre permet d'observer une modification de la perception consciente en l'absence de changement dans le stimulus, a été étudié chez des volontaires sains ayant ingéré de la psilocybine<sup>106,11</sup> ainsi qu'une décoction amazonienne (yagé, hoasca ou ayahuasca) contenant de la dimethyltryptamine<sup>12,107</sup>. Ces résultats, à la lumière d'autres données sur la rivalité binoculaire, notamment chez des patients schizophrènes et chez des méditants experts, étayaient la théorie dite de l'« oscillateur ultradien », proposée par Carter et Pettigrew<sup>108</sup> qui permet d'expliquer les résultats obtenus dans divers paradigmes de rivalités. Cette approche, qui s'inscrit dans la lignée des **théories oscillatoires de la conscience**, accorde une importance cruciale aux **boucles thalamo-striato-corticales**.

Enfin il est important de noter l'importance de **l'approche psychotomimétique**. Un faisceau d'études, comparant principalement les populations schizophréniques à des sujets sains sous l'influence de la psilocybine, ont donné naissance au **modèle de psychose fonctionnelle**<sup>13</sup>, basé sur l'hypothèse sérotoninergique de la schizophrénie.

Ces recherches actuelles rejoignent et prolongent les premières applications des substances hallucinogènes en psychiatrie. Elles pourraient permettre à terme de prendre en charge de manière plus adéquate les états de conscience pathologiques des patients. De nombreuses autres voies thérapeutiques ont fait l'objet d'un nombre croissant d'études au cours des 15 dernières années.

### Intérêt pour la recherche thérapeutique

Une étude de Zarate et al.<sup>109</sup> a mis en évidence de fortes **propriétés anti-dépressives de la kétamine**. Une seule prise a soulagé en quelques heures des patients dépressifs et cet effet a persisté pendant plusieurs jours. (la plupart des traitements antidépresseurs classiques mettent parfois plusieurs semaines à faire effet et nécessitent des prises quotidiennes)

La kétamine<sup>110</sup>, déjà bien connue pour ses propriétés anesthésiques, se révèle efficace dans le cas de douleurs intenses qui résistent aux traitements opiacés. De plus des médecins allemands pratiquent des injections de kétamine pour traiter les **douleurs chroniques** résistantes à la morphine.

En Russie, Krupitsky et ses collègues utilisent depuis de nombreuses années une psychothérapie associée à la kétamine pour **traiter des toxicomanes** dépendant à des drogues dures telles que les opiacés et l'alcool. Des études rétrospectives, menées respectivement sur 10 ans pour l'alcool<sup>111</sup> et sur 2 ans pour l'héroïne<sup>112</sup>, ont montré l'efficacité et la sûreté de ce traitement.

Diverses sources suggèrent que le yagé (ou hoasca ou ayahuasca) aurait des applications thérapeutiques pour le traitement des dépendances <sup>113</sup>. Il s'agit d'une longue décoction d'une liane contenant les alkaloides harmine et harmaline avec une plante qui contient de la diméthyltryptamine, ces premiers inhibent notamment la digestion de cette dernière par l'enzyme monoamine oxydase. Sa sûreté d'utilisation a été démontrée chez l'adulte sain <sup>114</sup> mais peu d'études ont été entreprises pour clarifier son potentiel thérapeutique, il existe un certain nombre de centres à travers le monde (Canada, Pérou, Etats-Unis, Brésil, Hollande, Mexique) qui ont un programme de traitement de la toxicomanie incluant la prise de plantes hallucinogènes traditionnelles (notamment ayahuasca et iboga).

Les effets de l'**ibogaïne**, principe actif de la racine Tabernathe iboga isolé en 1901<sup>154</sup>, peuvent s'étendre jusqu'à 24 – 36 heures. L'iboga est connue des Pygmées depuis au moins 2000 ans, elle est utilisée traditionnellement dans certaines tribues africaines, notamment dans le rituel Bwiti des Mitsogo du Gabon central et des Fang du Nord Gabon et du Cameroun. Au début des années 60, il a été constaté que **l'ibogaïne provoque une interruption brusque et complète de la dépendance physique à l'héroïne sans crise de manque**, en l'espace de 24 heures <sup>115,116,112,117,118</sup>. Le chimiste français Robert Goutarel, un pionnier de la recherche sur l'ibogaïne dès les années 50, suggère une explication mettant en jeu un état fonctionnellement proche du sommeil paradoxal. Ces recherches ont été abandonnées en France depuis de nombreuses années.

L'**algie vasculaire de la face** (AVF) est une forme aiguë de céphalée. Il s'agit d'une affection rare, extrêmement douloureuse et invalidante pour celui qui en souffre. Elle se caractérise par une double périodicité. Aucun traitement connu ne parvient à soulager ou traiter complètement cette condition.

Une équipe Américaine<sup>119</sup> a interviewé 53 patients qui s'auto-traitent avec de l'acide lysergique diéthylamide (LSD) ou de la psilocybine. Les résultats ont prometteurs ; non seulement ces substances parviennent à interrompre des périodes de migraines (ce qu'aucun médicament à ce jour ne fait), mais elles **nécessitent de plus seulement une à trois prises pour l'ensemble de la période** (contre une prise quotidienne pour les médicaments actuels) et **agissent à des doses sub-hallucinogènes**. La même équipe mène actuellement une étude utilisant le LSA (une molécule proche du LSD, on trouve du LSA dans les graines de certaines plantes de la famille des Convolvulacées comme la Liane d'Argent ou la Gloire du Matin)

Moreno et collaborateurs <sup>120</sup> ont montrés que, dans un environnement clinique contrôlé, la psilocybine pouvait être utilisée de manière sûre chez des patients souffrants de **troubles obsessionnels compulsifs (TOC)** et entraînait une rapide et significative réduction des symptômes de TOC chez plusieurs sujets.

Plusieurs substances psychédéliques seraient indiquées pour le **traitement des symptômes liés à des maladies en phase terminale** (anxiété, angoisse face à la mort). La psilocybine diminuerait la détresse psychologique associée aux phases terminales du cancer. Une étude clinique est en cours pour évaluer son efficacité sur la réduction de l'anxiété, de la dépression, de la douleur physique et psychique chez des patients cancéreux en stade terminal à l'Université de Californie.

**Une étude visant à déterminer l'efficacité de la psychothérapie assistée au LSD pour traiter l'anxiété dans les stades avancés de maladies terminales a été approuvée par un comité d'éthique suisse.** Cette étude, la **première depuis 35 ans chez l'homme avec du LSD**, est une étude de phase 2, pseudo-randomisée, en double aveugle, conduite par Peter

Gasser, psychiatre, psychothérapeute et président de l'Association Suisse des Médecins pour la Thérapie Psycholitique.

L'équipe de John Halpern à Harvard est également en train de mener une étude sur une population de patients similaires, visant à étudier l'effet psychothérapie assistée au MDMA. La MDMA (ou 3,4-méthylendioxyamphétamine) possède un mode d'action différent de la plupart des phényléthylamines, elle provoque la libération de dopamine, de sérotonine et de noradrénaline. **Bien que vivement débattue, aucun résultat à ce jour ne permet de conclure sur la neurotoxicité du MDMA.** En effet un article de Ricaurte et al. paru dans Science en 2002, démontrant une neurotoxicité du MDMA injecté à des primates non-humains, n'a pas été répliquée par d'autres laboratoires et a été rétractée<sup>121</sup> par les auteurs en 2003.

Bouso et al.<sup>122</sup> ont montré que l'administration de faibles doses (entre 50 et 75 mg) était sûre du point de vue psychologique et physiologique, pour tous leurs sujets. Des articles très récents suggèrent le bénéfice de son utilisation en psychothérapie<sup>123</sup>. La MDMA pourrait réduire efficacement les syndromes d'anxiété et de stress intense, notamment le **syndrome de stress post-traumatique (PTSD)**. Dans leur étude sur les mécanismes possible de son action, Johansen et al.<sup>124</sup> concluent que la MDMA exerce une combinaison d'effets pharmacologiques qui, dans un contexte thérapeutique, pourraient fournir un équilibre ; en activant les émotions des patients tout en maintenant un sentiment de sécurité et de contrôle. Des études sur l'effet de la MDMA dans le traitement du PTSD sont en cours au Etats-Unis, en Suisse, en Israël et d'autres commencent au Canada et en Jordanie. Certaines visent des **populations ayant subies de forts traumatismes liés à des actes de guerre ou de terrorisme et résistants à tout autre traitement.**

L'ingestion de substances hallucinogènes en psychothérapie a longtemps été un sujet débattu, au même titre que d'autres techniques telles que le traitement par électrochocs ou la stimulation électrique profonde. Etant donné leur relative sûreté et le nombre de directions de recherche prometteuses, il apparaît que le ratio risque/bénéfice joue en leur faveur, en particulier dans les cas où aucune autre approche ne fonctionne. Elles ont été largement employées dans un contexte psychothérapeutique depuis les années 60, donnant naissance aux écoles de **thérapie psychédélique et de thérapie psycholitique**. On ignore largement le mécanisme qui sous-tend leur action thérapeutique (tout comme on ignore tout d'ailleurs du fonctionnement de la psychothérapie en général d'un point de vue des neurosciences). Ces substances se révéleraient particulièrement efficaces pour permettre l'accès au patient à des souvenirs douloureux et réprimés, et les considérer sous une perspective nouvelle.<sup>125</sup>

Il serait souhaitable de réexaminer la littérature prolifique sur le sujet datant de plus de 30 ans, et de la soumettre à l'examen critique des nouveaux paradigmes en neurosciences cognitives et des nouvelles techniques d'imagerie, afin d'évaluer de manière scientifiquement rigoureuse ces nombreuses directions prometteuses pour la thérapie et la recherche fondamentale.

## Musique

La musique est une activité intrinsèque à toutes les cultures. L'écoute musicale **active un réseau cérébral bilatéral très étendu**, impliquant notamment l'attention, le traitement sémantique, la mémoire, les fonctions motrices et le traitement émotionnel. C'est un objet d'étude prometteur pour les neurosciences cognitives de la musique qui ont connu un essor sans précédent au cours des cinq dernières années. L'objectif de cette section n'est pas de passer en revue l'immense champ de recherche fondamental, mais plutôt de mettre en avant le potentiel thérapeutique des états de conscience induits par la musique. En particulier nous verrons comment et pourquoi **la musique module la perception de la douleur (nociception), le stress et le fonctionnement du système moteur ainsi que le processus psychothérapeutique**.

### Douleur

La musique **ne doit pas être considérée comme un traitement principal de la douleur**. L'écoute musicale a cependant l'avantage d'être **peu coûteuse, facile à implémenter, non-pharmacologique et totalement sûre**. Une revue systématique basée sur 51 études totalisant 3663 sujets a montré que la musique **réduit la douleur et diminue le recours aux opiacés. L'amplitude des effets est faible cependant**.<sup>126</sup> L'écoute de la musique est efficace à la fois pour les **douleurs chroniques** (ex. arthrite)<sup>127</sup> et **non-chroniques** (ex. accouchement, douleurs postopératoires)<sup>128</sup>. Un effet sur les niveaux de stress et d'anxiété a été observé de manière concomitante.<sup>128</sup>

### Stress, anxiété, système immunitaire, pression artérielle

De nombreuses études ont démontré que l'écoute musicale réduit le **stress et l'anxiété**<sup>129,130</sup>, même chez les nourrissons. La musique agit indirectement sur le système immunitaire, en réduisant les niveaux de cortisol, (dont un fort taux affaiblit le système immunitaire), mais également via l'expérience émotionnelle positive qu'elle engendre, qui conduit à la sécrétion d'hormones qui renforcent le système immunitaire<sup>131</sup>.

En écoutant chaque matin de la musique relaxante, des sujets ont été capable de diminuer leur pression artérielle, de manière durable<sup>132</sup>. L'écoute musicale permet également de moduler le rythme cardiaque et le taux respiratoire<sup>133</sup>, principalement en fonction du tempo de la musique.

### Mécanisme d'action

On ne sait rien ou presque du mécanisme d'action de la musique dans les cas mentionnés ci-dessus. Il existe plusieurs hypothèses dans le cas de son effet sur la douleur. La musique pourrait agir comme un distracteur, qui réduit l'attention portée à la douleur. Good et al.<sup>134</sup> ont élaboré à partir cette hypothèse une théorie dite de « gate control » qui postule un mécanisme top-down d'inhibition de l'information nociceptive.

Elle pourrait aussi agir comme un support d'autohypnose ou encore un facilitateur de la détente musculaire.

La diminution du rythme cardiaque et du taux respiratoire pourrait également contribuer à l'effet analgésique. Certains auteurs proposent un modèle physiologique, accordant à la

molécule d'oxyde d'azote (NO) un rôle fondamentale dans la réduction de l'anxiété et stress par la musique<sup>129</sup>

Le rôle de l'émotion positive engendrée par la musique est souvent mis en avant pour expliquer l'effet analgésique<sup>135</sup> et relaxant. La question de savoir si la musique agit comme un simple évocateur d'émotions (approche cognitive) ou si elle est capable de véritablement engendrer des émotions (approche émotiviste) a longtemps été vivement débattue. Ce débat a récemment été tranché de manière convaincante en faveur de la position émotiviste par Roy et al.<sup>136</sup>, apportant ainsi une justification théorique à l'utilisation thérapeutique de la musique.

Une étude extrêmement récente<sup>137</sup> vient d'ailleurs de confirmer de manière très claire une **libération de dopamine striatale** corrélées avec les moments d'écoute intensément agréable, suggérée par des résultats précédents<sup>138</sup>. Sous certaines conditions, la musique peut donc avoir un effet neurophysiologique qui active le circuit de la récompense, de façon similaire à la prise de drogues ou l'activité sexuelle, ce qui permet d'expliquer partiellement son action antidouleur et euphorisante.

### Déficits moteurs

**(Parkinson, accident vasculaire cérébral (AVC), traumatismes crâniens)**

Le processus d'entraînement rythmique des fonctions motrices constitue une variable thérapeutique efficace pour réduire les déficits moteur. Il existe des programmes de rééducation spécifiques qui tirent parti de la capacité des individus à synchroniser leur mouvements en rythme avec des stimuli auditifs, afin d'améliorer la régularité temporelle et le contrôle moteur. **Des améliorations significatives ont été observées chez des victimes d'AVC et de traumatismes crâniens, ainsi que chez des patients Parkinsoniens.**<sup>139,140</sup> Ces résultats suggèrent que des stimuli auditifs rythmiques facilitent la planification et l'exécution de tâches motrices, et permettent **d'améliorer le contrôle moteur à la suite de lésions du système nerveux central.**

Le **mécanisme d'« entraînement »**, par lequel la réponse motrice est guidée par l'information temporelle rythmique auditive, est inexpliqué à ce jour et mérite de plus amples investigations. Les recherches sur l'intégration multisensorielle ont mis en évidence des interactions entre modalités à des étapes à la fois tardives et précoces de la perception, avec une forte dominance de la modalité auditive dans les tâches temporelles. L'audition servirait donc de métronome à l'exécution motrice, voir même de guide attentionnel. Une interaction avec la vision a également mise en évidence dans une étude où l'écoute musicale améliore significativement les déficits d'hémi-négligence de patients AVC<sup>141</sup>. Les auteurs de cette étude suggèrent que l'émotion positive induite par la musique contribue à mobiliser les ressources attentionnelles. Enfin, Sarkamo et al.<sup>142</sup> ont montré, dans le cadre d'une étude sur 60 patients victimes d'AVC, une meilleure récupération des fonctions cognitive ainsi qu'une diminution de la confusion et de la dépression, pour le groupe assigné à la condition d'écoute de la musique.

### Utilisation de la musique en psychothérapie

Les résultats précédents suggèrent que l'écoute musicale agit à de multiples niveaux sur le corps et le système nerveux central, autant au niveau cognitif (ex : rythme cardiaque, synchronisation sensori-motrice) qu'émotionnel (ex : régulation de l'humeur). Elle apparaît

donc adaptée comme outil psychothérapeutique<sup>127</sup>, une étude de méta-analyse récente<sup>143</sup> confirme le **bénéfice psychothérapeutique de la musique**, mais des études contrôlées, à plus large échelle, s'avèrent nécessaires, notamment sur les effets de plasticité synaptique<sup>142</sup>.

De plus, **il est important de noter la différence entre l'utilisation médicale de la musique et la musicothérapie**. Cette première consiste à faire écouter passivement de la musique enregistrée à des patients hospitalisés, la majeure partie des études évoquées dans les parties précédentes relèvent de cette catégorie. La musicothérapie quant à elle utilise un spectre très large d'interventions (production musicale par le patient, imagerie guidée, chant, improvisation, imitation) et intègre les dimensions physique, psychologique, cognitive et sociale. Elle s'inscrit dans le cadre d'une relation patient – thérapeute suivie. Dileo et al.<sup>144</sup> ont effectué une méta-analyse de 183 études et concluent que les interventions en musicothérapie sont plus efficaces que l'utilisation médicale de la musique pour le traitement de la douleur. Ces interventions semblent également plus efficace en terme de bien-être et de satisfaction de la vie, durables dans le temps. La musicothérapie est actuellement à l'état de « pré-science » selon Thomas Kuhn<sup>145</sup>, des avancées scientifiques majeures dans ce domaine sont encore à venir.

Parmi les applications prometteuses de la musicothérapie, on peut citer le traitement de la toxicomanie. Winkelmann<sup>146</sup> suggère que des groupes de percussions sont un complément efficace de traitement de l'addiction, en particulier pour les patients qui rechutent fréquemment et là où d'autres types de médiation ont échoués.

A l'instar de la psychothérapie en général, le mécanisme de fonctionnement de la musicothérapie est largement inconnu. De nombreuses cultures ont une longue tradition d'utilisation de la musique dans un contexte de soin. Il est intéressant cependant de noter une convergence entre différentes approches ayant recours aux états de conscience modifiés. La « transe hypnotique » de l'hypnose, la transe qui peut être induite par la musique et l'état de conscience modifié induit par les plantes hallucinogènes ont des similarités à la fois comportementales et neurophysiologiques. Il est d'ailleurs intéressant de noter, eu égard aux autres sections de ce rapport, que la musique est très souvent utilisée pour guider l'expérience visionnaire induite par les substances hallucinogènes, autant dans les contextes cérémoniels traditionnels que dans les approche psychothérapeutiques moderne (ex : thérapie psycholitique).

## Directions de recherches futures

### A Directions Thématiques:

Lorsqu'ils ne sont pas assortis d'une nouvelle citation, les éléments repris ici correspondent à une publication citée dans les sections 2 à 6.

#### A.I Recherche fondamentale:

##### A.I.1- Conscience :

- **Utiliser les nouvelles approches oscillatoires faisant appel à la dynamique non-linéaire afin d'établir un modèle multi-niveau du continuum de conscience entre la conscience dite ordinaire et les états de conscience dits modifiés** (hypnose, méditation, orgasme, accouchement, endormissement, syndrome confusionnel de fin de vie, hallucinations, usage contrôlé de psycho-actifs, transe chamanique et également des conditions pathologiques telles qu'états végétatifs, comas, syndrome d'enfermement, épilepsie). Des modèles multi-niveau sont actuellement développés dans le cadre d'un projet du National Institute of Mental Health qui intègre des données objectives (dites *en 3<sup>ème</sup> personne*) concernant à la fois comportement, génétique, neurotransmetteurs et imagerie cérébrale.
- **Introduire les données phénoménologiques (dites en 1<sup>ère</sup> personne), et les combiner avec les données quantitatives en 3<sup>ème</sup> personne dans un cadre neurophénoménologique** : Ceci implique non seulement de développer des méthodes d'investigation en première personne qui soient compatibles avec les paradigmes en neurosciences mais également de former spécifiquement les neuro-scientifiques à l'approche en première personne (et vice-versa). Au-delà des outils de la phénoménologie en tant que discipline philosophique, il serait souhaitable d'intégrer les diverses méthodologies issues de la branche phénoménaliste de la psychologie. Enfin il existe un certain nombre d'échelles psychométriques qui ont été développées pour évaluer les états de conscience (APZ et HRS, pour Abnorme psychische. Zustaende<sup>102</sup>, Hallucinogenic Rating Scale<sup>103</sup>) mais peu d'entre elles permettent un rapport 'online' qui pourrait être corrélé à l'activité temps-réel du cerveau. Une solution multimodale tirant parti des récentes avancées technologiques en termes d'interfaces est souhaitable.
- **Développer la recherche en Philosophie de l'esprit dans un cadre naturaliste** : Cette recherche, attentive aux données et percées empiriques, doit se situer à l'avant-garde théorique des modèles sur la conscience, notamment sur la conscience dite phénoménale et le problème des *qualia*. Elle doit offrir une analyse conceptuelle et un cadre épistémologique utilisables par les disciplines empiriques afin d'éclaircir les notions et les enjeux fondamentaux dans ce domaine. Il est souhaitable que cette recherche soit sensible à la phénoménologie des états modifiés de conscience pour enrichir l'analyse par la voie de la méthode comparative.
- **Eveil, Sommeil et Rêve** : Bien que non abordés dans le présent rapport, l'étude du sommeil et en particulier du sommeil REM est en plein renouveau, notamment en ce qui concerne la plasticité synaptique et l'apprentissage. Le rêve est un état modifié de conscience familier à chacun d'entre nous. La théorie onirique des hallucinations, une des explications théorique des hallucinations, pourrait être étudiée comparativement à plusieurs types d'hallucinations. Il est connu que le cycle veille-sommeil est perturbé dans diverses conditions pathologiques comme la schizophrénie et la maladie de Parkinson, avec l'incursion d'épisodes de type REM durant l'éveil<sup>147</sup>. La forte modulation des systèmes sérotoninergiques et dopaminergiques par les substances hallucinogènes permettra de mieux comprendre le système veille-sommeil et ses dysfonctionnements. Des études longitudinales sont en cours pour étudier l'impact sur le sommeil et les phases REM de la méditation et de l'ingestion de hoasca (aux Etats-Unis et en Espagne respectivement). Des pratiques d'entraînement cognitif

spécifiques telles que le yoga du rêve ou la technique du rêve lucide laissent entrevoir des paradigmes expérimentaux innovants. Les récentes avancées en imagerie, couplées à des techniques de rapport en première personne rendent possible des études avec un seul sujet, voire même sur une seule nuit. L'hypothèse de Goutarel postulant l'induction d'un état comparable au sommeil REM pour expliquer les propriétés anti-addictives de l'ibogaine serait tout à fait testable dans cette approche neurophénoménologique du rêve.

- ***Système nerveux autonome, système endocrine, système immunitaire*** : Le besoin en sommeil moins élevé chez les méditants que chez dans la population moyenne, pourrait s'expliquer par une meilleure régulation du système nerveux autonome, de même les effets de la méditation sur l'anxiété et la régulation émotionnelle pourrait s'expliquer par une modulation du système endocrine. Ces éléments du système nerveux ont été largement délaissés dans les sciences de la cognition au profit du système nerveux central, en dépit de leur rôle crucial dans la régulation homéostatique. Ils ont longtemps été considérés comme indépendants du contrôle volontaire, ce qui est remis en question par les résultats obtenus chez les méditants et ouvre ainsi un champ entier de recherches prometteuses sur leur régulations et leur interactions.
- ***Rivalité binoculaire*** : Le phénomène de rivalité binoculaire montre à quel point le cerveau possède des manières très différentes d'assembler une réalité subjective à partir d'éléments en provenance de l'environnement et ceci y compris quand ces « morceaux de réalité » sont contradictoires. Les études chez les méditants ont pu montré qu'une modulation consciente pouvait être obtenue sur cet assemblage. Ce type d'étude pourrait permettre de mieux cerner les mécanismes sous-tendant ce phénomène ainsi que le contrôle que nous pouvons développer.
- ***Méta-cognition et méta-conscience*** : De nombreux états modifiés de conscience se caractérisent par un manque ou une exacerbation de la méta-cognition. Ainsi si l'hypnose, la dissociation ou les états de flow semblent être corrélés à une disparition de la méta-cognition, la prise d'acide lysergique au contraire semble l'augmenter considérablement. L'absence d'une méta-cognition est d'ailleurs plus présente qu'il n'y paraît au cours des heures d'éveil et il reste encore à explorer ce qui caractérise ces fluctuations dans nos capacités méta-cognitives.

#### **A.1.2- Perception :**

- ***Étude des mécanismes perceptifs*** : La méthode comparative (entre les états 'normaux' et les états 'modifiés' de conscience perceptive) et la méthode neurophénoménologique s'avèrent particulièrement utiles à cette fin. De même, il est souhaitable des travaux sur l'effet inducteur de l'ingestion de certaines substances psychoactives (de façon éthique et contrôlée) ou de l'usage de certains stimuli technologiquement produits (stroboscope, états de saturation ou de privation sensorielle, etc.) susceptibles de révéler le mode de structuration du champ de perception extéroceptif et intéroceptif.
- ***Étude philosophique de la perception vis-à-vis l'hallucination*** : En postulant que le verbe 'percevoir' doit s'utiliser uniquement dans les cas de perception sensorielle, où le référent existe objectivement, l'étude des hallucinations pose plusieurs problèmes au niveau théorique, à commencer par un manque de définition opérationnelle d'hallucination. Dans cette optique, l'expérience hallucinatoire constitue le terrain idéal pour déployer et tester des thèses et des postures épistémologiques et ontologiques à propos de la nature de la réalité et de la perception. De même, une nouvelle nomenclature est requise à partir d'une étude phénoménologique détaillée sur

l'expérience hallucinatoire qui jette de la lumière sur l'expérience perceptive et sur les mécanismes neuronaux qui sous-tendent ces expériences, dans l'esprit de la méthode neurophénoménologique. Ceci doit aboutir au ferme établissement des bases et des conditions objectives pour fixer le sens de 'percevoir' et à une meilleure compréhension de la perception et de la cognition en général.

- ***Perception du temps : Développer et étendre les modèles actuels via des paradigmes inter-disciplinaires.*** Par exemple le modèle « dual klepsydra » développé à partir des données obtenues à l'aide de la psilocybine permet d'appréhender les altérations qualitatives de l'expérience du temps (« le passage du temps subjectif »). Des impressions telles que la sensation de « temps qui se fige », rapportées dans des conditions aussi diverses que l'ingestion d'hallucinogènes, les expériences mystiques et en psychopathologie trouvent une explication psycho-physiologique commune.
- ***Perception de soi :*** Il existe un récent débat<sup>148</sup> en théorie de l'esprit sur les aspects de soi effectivement impliqués dans les tâches d'imagerie liées à la perception de soi et à l'agentivité (distinction Self as object \ Self as subject). L'étude expérimentale des expériences autoscopiques et d'autres états de conscience modifiés (hypnose, méditation, psycho-intégrateurs) offre l'énorme avantage de produire des situations dans lesquelles les différentes composantes du sens de soi, confondues en temps normal, sont dissociées et altérées de façon contrôlée.

#### **A.1.3- Attention :**

- ***Les états modifiés induits par la méditation et les substances psychotropes permettent une étude fine des mécanismes attentionnels et des différentes sous-composantes de l'attention***
- ***Recherche sur l'effet d'attentional blink, le paradigme de multiple-object tracking, et le change-blindness dans des états modifiés de conscience.***
- ***Recherche sur le rôle de l'attention dans la méditation et inversement :*** Il s'agit de continuer sur la piste de nombreuses études qui révèlent que la méditation induit une amélioration des processus attentionnels à plusieurs niveaux. Les structures affectées sont notamment celles impliquées dans l'apprentissage et la prise de décision comme le cortex préfrontal dorsolatéral, le gyrus frontal supérieur et le gyrus intra pariétal (Brefczynski-Lewis 2007, Lutz 2008).

#### **A.1.4- Filtrage et intégration sensori-motrice**

- ***Role du Sensory-motor gating et boucles thalamo-corticales :*** Etude comparative de l'influence de plusieurs états de conscience modifiés sur le « prepulse inhibition of the startle reflex ». Mesure de connectivité fonctionnelle avec les nouvelles techniques d'imagerie, évolution dynamique des différents clusters.
- ***Effet d'Entraînement rythmique :*** Etude comparative des la synchronisation motrice produite par la stimulation musicale rythmique, la transe hypnotique et la phényléthylamine MDMA. Permettrait d'élucider les phénomènes d'inhibition de la dyskinésie et de normalisation de l'activité motrice chez les parkinsoniens, induits par la musique et la MDMA<sup>149</sup>.

- *Modulation de la motricité par l'hypnose.*

#### **A.1.5- Hallucinations**

- *Étudier les mécanismes cognitifs et affectifs dans l'apparition et le maintien des hallucinations, à la fois dans des populations cliniques et dans la population normale.*
- *Étudier les hallucinations dans toutes les modalités perceptives, ainsi que celles hypnagogiques et hypnopompiques, à la fois dans des populations cliniques et dans la population normale.*
- *Étudier l'incidence des troubles neurologiques, les démences, les traumatismes psychologiques et les déficits sensoriels sur les hallucinations dans toutes les modalités sensorielles.*
- *Étudier de manière contrôlée les hallucinations induites expérimentalement chez un sujet sain grâce à des psycho-actifs ou avec l'hypnose qui est une alternative non-pharmacologique.*
- *Effectuer une étude comparative longitudinale des psychoses à la lumière du modèle sérotoninergique de psychose fonctionnelle.*
- *Étudier l'influence de la culture et du contexte social sur les expériences hallucinatoires.*

#### **A.1.6- Affective & Social Neuroscience : Emotions, Empathie, Intersubjectivité...**

- *Appliquer les paradigmes qui ont émergés au cours de la dernière décennie (Affective Neuroscience) aux problématiques des états de conscience modifiés. (jugement émotionnel, valence, arousal...)*
- *Utiliser la méditation comme un outil pour étudier l'asymétrie des activités corticales, notamment au niveau du cortex préfrontal, qui corrèlent avec la manière dont nous percevons les émotions et comment nous y faisons face.*

#### **A.1.7- Mémoire et plasticité synaptique**

#### **A.1.8- Effets, Mécanismes de fonctionnement et bases neurales des états de conscience modifiés**

- *L'hypnose, la méditation, les psychédéliques et le recours thérapeutique à la musique sont utilisés sous diverses formes depuis parfois des temps immémoriaux (il*

*y a 5700 ans pour le peyote par exemple) par différents peuples humains. Bien que des études systématiques aient été entreprises au cours de ces dernières années, les mécanismes d'action de ces pratiques restent largement inconnus. Une étude systématique pourrait notamment permettre à terme de reproduire ou amplifier les effets de ces techniques grâce au neurofeedback.*

- *Etude des différences individuelles à la survenue d'états modifiés de conscience :* Permet de déterminer au mieux quelle méthode est adaptée à un patient.
- *Bien qu'ils soient modérés selon la littérature, il est indispensable d'étudier plus avant les éventuels effets secondaires de ces pratiques, comme pour tout médicament, afin de préparer au mieux les patients comme les thérapeutes.*
- *Dans certaines études plus ou moins récentes, il est fait états de résultats significatifs mais le choix du groupe contrôle est critiquable.* Des facteurs connexes tels que la pratique régulière d'une activité en groupe, le sentiment d'appartenance à une communauté, ou des biais dans les populations s'orientant vers un type de pratique, sont opposables à ces résultats. Il ne faut pas pour autant rejeter ces études mais plutôt essayer de les répliquer avec des paradigmes récents et des approches de contrôle originales. Un exemple brillant nous est donné par l'équipe de Davidson aux Etats-Unis, ils étudient des groupes sans expérience de la méditation, et comparent leur performance, avant et après participation à un programme de réhabilitation de 8 semaines ; soit le MBSR (Mindfulness-Based Stress Reduction), soit le HEP (Health Enhancement Program). Le HEP a été désigné pour servir de contrôle actif. Il est équivalent au MBSR en terme de durée, activité quotidienne, structure des classes et croyances des professeurs en l'efficacité du traitement, la seule différence est qu'il lui manque la composante méditative du MBSR.

## **A.II- De recherche appliquée (Clinique et thérapeutique) :**

### **A.II.1- Traitement de la Douleur**

- Développement clinique des applications de l'hypnose pour les douleurs chroniques, chirurgicales, psychologiques, et en soins palliatifs ; étude des combinaisons optimales avec des anesthésiques. Bien que son mécanisme d'action soit inconnu, l'analgésie par hypnose a bien été différenciée de celle par placebo.
- L'efficacité de la kétamine pour traiter les douleurs chroniques reste à être clairement démontrée dans des études contrôlée. Elle offre cependant une alternative raisonnable dans le cas des douleurs chroniques résistantes à la morphine.
- Renforcer les approches existantes avec l'utilisation de la musique.
- Effectuer une étude en double aveugle, versus placebo, afin d'évaluer de manière fiable le potentiel des hallucinogènes sérotoninergiques à soulager les algies vasculaire de la face, pour lesquelles il n'existe aucun traitement connu pour la double périodicité des crises.

### **A.II.2- Stress, Anxiété, Phobies, Dépression**

- Mise en place d'étude cliniques pilotes avec les programmes de réduction du stress de type MBSR
- Etude clinique pilote avec de la MDMA pour réduire les syndromes d'anxiété et stress post-traumatique (PTSD), en particulier dans des populations ayant subies de forts traumatismes et résistants à tout autre traitement.
- Combinaisons possibles avec le traitement des phobies en thérapie cognitivo-comportementale et les approche utilisant l'exposition en réalité virtuelle.
- Etudes en vue de développer des stratégies pour maintenir sur le long-terme l'effet anti-dépresseur immédiat observé avec la kétamine.
- Plusieurs substances psychédéliques seraient indiquées pour le traitement des symptômes liés à des maladies en phase terminale (anxiété, angoisse face à la mort).

### **A.II.3- Toxicomanie**

- *Explorer plus avant l'utilisation de la méditation et de certaines substances psychédéliques* (iboga, hoasca et ketamine)<sup>116,118,117,115,112,111,113</sup> *en tant que partie intégrante de programmes de réhabilitation, associés à une psychothérapie.*
- Soumettre à une **validation clinique** à plus grande échelle les résultats prometteurs obtenus avec ces techniques. **Trouver les conditions optimales pour une utilisation efficace et sans danger**, adaptée au contexte socio-culturel de notre pays. Voir la partie santé publique B.I.2 pour plus de détails.

### **A.II.4- Prophylaxie**

Il a été suggéré que les pratiques présentées dans ce rapport ont un rôle prophylactique primaire et secondaire (rechutes). Ce genre d'effet est cependant très difficile à quantifier expérimentalement.

- Une étude est en cours à l'université de Floride du Sud (par le Dr J. Sanchez-Ramos) afin d'évaluer si la psilocybine peut contribuer à la naissance et au développement de nouvelles cellules nerveuses dans l'hippocampe.
- *Concernant le système immunitaire, de nombreuses études restent à faire afin de montrer un réel impacte de l'activité méditative.* Des études ont commencé à démontrer une meilleure réponse aux infections en comparant méditants expérimentés et non pratiquants (Davidson et al. 2003, Robinson, Mathews et al. 2003). La multiplication de ce type d'études révèle un réel potentiel dans la compréhension de l'interaction entre les systèmes nerveux autonome et immunitaire.

### **A.II.5- Hallucinations**

- *Développer des interventions thérapeutiques non-pharmacologiques des hallucinations et étudier l'efficacité de ces interventions.*
- *Étudier les expériences hallucinatoires vécues par des personnes saines/dans des cadres non-cliniques, par la méthode de l'interview ou autres méthodes pertinentes.*
- *Mettre en correspondance à différents niveaux (phénoménologie, psychologie, imagerie cérébrale...) des expériences hallucinatoires pathologiques et non-pathologiques, via une analyse en composante avancée type AmiCA*

#### **A.II.6- Hybridations de techniques**

- *Combiner de manière optimale les approches utilisant les états de conscience modifiés avec des techniques thérapeutiques existantes (à l'image de l'hypnose en complément d'anesthésie dans le bloc opératoire) ou combiner entre elle différentes techniques mentionnées dans ce rapport.* On peut envisager par exemple : combiner la réhabilitation cognitivo-comportementale avec des doses modérées de MDMA dans le traitement des phobies, combiner méditation et neurofeedback pour la régulation émotionnelle et le contrôle attentionnel, hypnose et neurofeedback, combiner thérapie psychédélique et musique pour traiter les addictions, hypnose et musique pour traiter la douleur.

### **B Orientations Stratégiques:**

#### **B.I- Santé publique:**

##### ***B.I.1 : Papy boomers : enjeu social et financier***

- *Intégrer les pratiques dérivées du 'mindfulness' dans le système de santé publique.* Application thérapeutique ; prise en charge, qualité de vie et réinsertion de patients ; arrivée des 'papy boomers'.
- Diverses approches technologiques commerciales prétendent fournir des approches (jeux vidéos notamment) d'« entraînement et de rajeunissement cérébral », censées stimuler des fonctions cognitives telles que la mémoire et prévenir certains effets du vieillissement cérébral. Aucun effet de ces techniques n'a été scientifiquement démontré et un article récent<sup>150</sup> conclut que l'entraînement cérébral a des effets modestes et doit être considéré comme une simple distraction. Paradoxalement, il a été montré qu'une pratique ancestrale et extrêmement simple à mettre en œuvre telle que la méditation a un effet sur le **vieillessement cérébral** (Pagnoni 2007, Lazar et al. 2005).
- *Parmi les applications thérapeutiques mentionnées dans la section A.II, un certain nombre sont très pertinentes chez les patients âgés. Il apparaît fondamental d'entamer une véritable réflexion de fond en santé publique et d'explorer ces techniques thérapeutiques non médicamenteuses, sans effets secondaires, et bon marché.*

- De telles approches remportent de plus en plus de succès car sans l'emploi de médicament elles permettent de conserver l'intégrité cognitive des patients et montrent une baisse du taux de rechute.
- De plus, ces approches sont soit non-pharmacologiques, soit (dans le cas des psycho-intégrateurs) elles nécessitent en général un nombre restreint de prises et agissent à des doses sub-hallucinogènes
- Enfin il est recommandé de suivre la piste des travaux américains qui montrent l'économie réalisée en utilisant l'hypnose à la place de l'anesthésie au bloc opératoire<sup>151</sup> et de procéder à une évaluation systématique des économies potentielles pour les organismes de santé, pour une efficacité et une qualité de soins équivalente

### **B.I.2 : Toxicomanie**

- L'addiction à des drogues dures (neurotoxiques et induisant une dépendance physique) telles que l'alcool, l'héroïne, la cocaïne, le crack sont de véritables fléaux dans notre société moderne, engendrant une forte mortalité, pour lesquels aucune solution satisfaisante n'existe à ce jour. La toxicomanie génère un fort coût humain, social et financier. Dans le cas des opiacés, le traitement de substitution à la méthadone est un palliatif imparfait, dont le coût pour les organismes de santé publique est exorbitant.
- Les approches mentionnées dans le rapport (cf section A.II.5, et cf les sections 5 et 6 pour plus de détails), pourraient permettre d'une part de réduire le coût des traitements, et d'autre part peuvent s'avérer efficace dans le cas de fortes dépendances résistantes à tout traitement. (en particulier alcool et opiacés).

### **B.I.3 : Prise en charge hospitalière**

- *Stimuler et développer la médecine intégrative* : offrir d'emblée au patient hospitalisé, en complément des meilleurs traitements médicaux et chirurgicaux, une ou plusieurs thérapie complémentaire : chimiothérapie et hypnose, chirurgie cardiaque et méditation. Divers pays, notamment le Canada, ont entrepris des travaux de consultation en santé publique afin d'intégrer des pratiques alternatives, en particulier pour les patients à domicile.

## **B.II- Education:**

### **B.II.1- Académique**

- *Développer la recherche transdisciplinaire et introduire l'étude de la phénoménologie en neurosciences.*
- *Stimuler la recherche en anthropologie sociale et cognitive afin de connaître d'autres interprétations culturelles concernant les états modifiés de conscience.*

### B.II.2- Publique et politique

- ***Informer le grand public, ainsi que les sphères politiques et académiques, sur la nature des états modifiés de conscience, en mettant à l'avant des faits scientifiques et une analyse philosophique sérieuse.*** Ceci permettrait de diminuer les préjugés sur le sujet et de développer la recherche dans ce domaine.
- ***Informer le grand public sur le potentiel et les limites de certaines techniques pour modifier la conscience, tout en favorisant l'exercice de l'esprit critique afin éviter les éventuelles dérives d'endoctrinement.***

### **B.II.3- Ethique**

- **Établissement d'un cadre de travail légal** permettant de limiter ou d'éviter le charlatanisme actuel qui exploite certains aspects encore inexpliqués et très importants des états modifiés de conscience et qui prolifère du fait de l'absence d'un cadre scientifique, culturel et légal clair.
- Nécessité d'une affirmation éthique forte de la part de la communauté scientifique pour éviter l'application des recherches sur ces états de conscience à des fins malhonnêtes (neuromarketing intrusif) ou incontrôlées : des jouets utilisant les ondes cérébrales sont déjà sur le marché (cf Mindflex de Mattel) et exposent des enfants de tout âge à un entraînement massivement spécialisé dont les conséquences à long terme sur un cerveau en développement sont totalement inconnues
- **Améliorer le rapport médecin-patient** en explorant des nouvelles conceptions de santé mentale non-réductrices, notamment en psychiatrie.

### **B.II.4- Coursus scolaire**

- Etant donné les effets de la méditation sur le stress et l'anxiété, ainsi que sur le contrôle attentionnel, introduire une pratique régulière chez des jeunes étudiants est envisageable. Des résultats<sup>42,152</sup> suggèrent que la méditation pourrait être indiquée pour pallier au syndrome d'hyperactivité et des troubles attentionnels.
- Des initiatives pilotes pourraient être mises en place, en utilisant une pratique adaptée aux enfants et adolescents, une méthode d'évaluation restant à définir. Certains collèges en France (à Arles notamment) ont déjà introduit une pratique optionnelle combinant yoga et méditation.

### **B.II.5- Networking professionnel**

- ***Mettre en relation psychologues, neuroscientifiques, philosophes, pharmacologues et psychonautes. Créer des groupes de travail multidisciplinaires incluant aussi des médecins et des patients.***

## C Prospectives Technologiques :

### C.I.1- Techniques neurophénoménologiques

- *Développer des outils d'investigation en première personne, échelles, validations et harmonisations pour plus de répliquabilité* : Des méthodes rigoureuses pour recueillir les comptes-rendus d'expérience à la première personne sont à développer. De grandes avancées ont déjà été faites notamment par l'approche neurophénoménologique, toutefois la marge de progrès est encore grande. Certes, l'implication en science cognitive de l'expérience subjective est une tâche difficile et dangereuse, mais elle ne peut être écartée sans risquer de perdre une part essentielle de la phénoménologie des états conscients modifiés ou non. Le clivage entre disciplines thérapeutiques et neuroscientifiques est un frein important au développement de ce type de méthodes et il est à espérer que ces deux méthodologies se rapprochent à l'avenir afin d'apprendre l'une de l'autre sans pour autant fusionner. Ici encore, le but thérapeutique peut donner un objectif commun qui catalyserait leurs interactions.
- *Une étude en cours à l'université McGill à Montréal utilise un dispositif sans-fil de type multi-touch pour permettre à un auditoire de 60 personnes de rapporter «en ligne» leur état émotionnel face à une performance musicale. On peut imaginer adapter ce type de dispositifs à la recherche sur les états de conscience, afin d'obtenir des rapports au moment même de l'expérience et évoluant dans le temps (versus remplir un questionnaire post-session).*

### C.I.2- Techniques d'imagerie cérébrale

- *Appliquer à ce champ de recherche la fusion de données PET ou IRMf avec EEG ou MEG, mise en place de paradigmes inédits*
- *Raffinement des techniques existantes* : Artéfacts liés aux mouvements en IRMf : logiciel de correction et recalage, diminution du temps d'acquisition des séquences fonctionnelles.
- *Localisation spatiale plus précise en EEG haute résolution. Techniques de reconstruction de source avancée type amICA.*
- *Hyperscanning* : Les progrès récents dans le domaine de la cognition sociale ont permis le développement de nouvelles techniques de mesure et d'analyse adaptées à l'étude de phénomènes intersubjectifs. Par exemple, l'hyperscanning consiste à l'enregistrement en neuroimagerie de deux ou plusieurs sujets simultanément. Il serait intéressant d'utiliser ce type de méthode afin d'analyser les états modifiés de conscience à une échelle sociale. Ceci permettrait de mieux comprendre l'articulation entre l'expérience subjective et celle à la troisième personne. De la même manière, ce type d'étude pourrait approfondir les différences entre réalité objective et réalité construite inter-subjectivement.
- *Enregistrement sans fil et correction en ligne d'artefact pour mesure dans un contexte écologique qui requiert du mouvement : qui combine EEG sans fil, capture*

*de mouvement* (Développement d'un système portable permettant l'acquisition continue d'un EEG haute densité, de l'activité des muscles, des mouvements dans l'espace 3d, de la scène audio-visuelle et du suivi du regard). Cf *Système MoBI*<sup>153</sup>

- *Études comparatives longitudinales (incluant épisodes de sommeil) des effets de l'hypnose, de la méditation et des psychédéliques, en cartographie EEG et EMG et en IRMf avec fusion de données pour faire des neurosciences de terrain sur les états modifiés de conscience..*
- Les états de consciences modifiés comme une nouvelle technique à part entière comme l'étude des lésions ou la TMS
- **Bases de données :** L'utilisation de base de donnée de résultats hétérogènes (mesures d'électrophysiologie quantitative, données anatomiques, génétiques, psychologique, etc.) rendent les **approches méta-analytiques** de plus en plus possible. L'organisation des informations récoltées lors de différentes études donne ainsi la possibilité de mieux cerner l'étendue des états modifiés de consciences et leurs caractéristiques. Par une telle approche perturbative réalisée sur une grande quantité de données, une prise de recul sur le phénomène conscient serait rendue possible.

### C.1.3- INTERFACES CERVEAU - ORDINATEUR

- *Etats de conscience et Neurofeedback en EEG mais également en IRMf temps-réel*

### C.1.4- AUTRES

- *Stimulation du co-financement de la recherche appliquée entre le secteur du gouvernement (CNRS, INSERM, etc.) et le secteur privé (Fondations telles que le Mind and Life Institute, Esalen Institute, The Beckley Foundation, MAPS, Institute of Noetic Studies, The Heffter Institute...).*
- *Etude des conditions neurophysiologiques et psycho-dynamiques propices à la survenue d'états modifiés de conscience.* Idéalement, recherche d'un moyen de déclencher de manière fiable ces états pour les étudier à volonté. Explorer les « états de conscience modifiés volontairement » qui sont une alternative totalement non pharmacologique.
- *Stimuler la création et le soutien des associations ou organismes de recherche sur les états modifiés de conscience :* Peut-être effectué via une initiative incitative spécifique. Envisager la création d'un pôle de recherche dédiés à ces thèmes, incorporant recherche fondamentale et appliquée, au niveau national et/ou européen, à l'image de ce qui se fait depuis plusieurs années au US à l'initiative du NIH.

*De manière générale, se vouer au rattrapage du retard que la France a pris dans ce domaine.*

## Conclusion

Les sciences et technologies de la cognition (STC) représentent la plus importante révolution conceptuelle et technologique depuis l'avènement de la physique atomique, ayant un impact à long terme à tous les niveaux de la société. Héritières de la cybernétique, elles ont à peine une soixantaine d'années, et font figure d'adolescente comparées aux disciplines qu'elles regroupent.

Depuis la fin des années 90 on assiste à un véritable « boom de la conscience », explorant la façon dont le mental ou le cognitif est relié à notre propre expérience. La plupart des recherches faites dans cette direction évitent cependant de s'attaquer à ce qui est communément désigné comme le « hard problem » de la conscience. Certains ont proposé de résoudre ce problème de manière radicale, en traitant la conscience comme un épiphénomène dans une perspective quasi-behavioriste. Au cours de la dernière décennie ont émergées des approches plus satisfaisantes qui mettent l'accent sur le caractère dynamique et participatif de la cognition, le rôle fondamental joué par les émotions et l'importance de l'expérience phénoménologique. Ces sciences de la conscience pourraient être le jeune enfant des STC.

Dans cette famille métaphorique, les sciences et technologies des états de conscience modifiés constituent certainement l'embryon d'un nouveau-né en devenir, qui aura au moins autant à enseigner qu'à apprendre de ses aînés. Depuis longtemps présente à l'état de pré-science, l'étude des états modifiés de conscience s'annonce aujourd'hui comme une discipline non seulement rigoureuse et fondée, mais qui promet de contribuer significativement à l'essor des STC dans leur totalité. Comme décrit dans le présent rapport, de plus en plus de nations saisissent cet enjeu, la plupart étant situés hors d'Europe.

Selon Benny Shanon, « toute théorie générale de la conscience doit être basée non seulement sur l'étude de la conscience soi-disant "ordinaire" mais également sur celle des états "non-ordinaires" de la conscience ».

Au delà de cet enjeu théorique et, à l'instar de la neuropsychologie, les hallucinations et autres états modifiés de conscience peuvent révéler de manière inédite le fonctionnement de l'esprit et du cerveau. En effet, les systèmes complexes révèlent bien souvent plus clairement leurs principes de fonctionnement lorsqu'ils sont altérés, perturbés, modifiés, que lorsqu'ils fonctionnent de façon courante, ordinaire, habituelle.

Il a clairement été établi, à la lumière des sections précédentes, que l'étude des états modifiés de conscience contribue de manière multiple aux STC :

1. D'un point de vue **ontologico-épistémologique** : définition opérationnelle d'une hallucination et de distinction avec une perception, postures à propos de la nature de la réalité et de la perception...
2. D'un point de vue **théorique**, en particulier vis à vis de : corrélats neuronaux de la conscience, qualia, contrôle attentionnel, régulation émotionnelle, neurosciences sociales et affectives (intersubjectivité, empathie, perception de soi et de l'autre)

3. D'un point de vue **thérapeutique et clinique** : traitement de la douleur, stress et anxiété, approches thérapeutiques de la toxicomanie. Il s'agit souvent d'alternatives non pharmacologiques ou basées sur l'usage d'un nombre limité de prises supervisées d'agents pharmacologiques. Traitement de certaines conditions pour lesquelles aucune alternative n'est connue (algies vasculaires de la face, syndrome de manque aux opiacés).
4. En tant que **véritable défi technique et méthodologique**: paradigmes neurophénoménologiques, imagerie cérébrale haute résolution temps-réel multi-sujet...

Enfin, un quatrième enjeu qui dépasse le cadre strict des STC est un enjeu d'ordre social et stratégique majeur : notamment en terme de santé publique (amélioration de la prise en charge de la population vieillissante des baby-boomers, toxicomanie, réduction des couts), d'éducation (formation initiale et professionnelle), et de réflexion éthique.

Comment expliquer l'émergence rapide de ce champ de recherche dans le contexte actuel ? L'intérêt pour une étude scientifique des états modifiés de conscience n'est pas nouveau, il a notamment été souligné dans les travaux de pionnier effectués par William James à la fin du 19<sup>ème</sup> siècle. Les hallucinations en particulier représentent une illustration extrême du gouffre explicatif entre phénoménologie et mesures objectives. Plusieurs arguments justifiés ont été traditionnellement opposés à la possibilité d'étude rigoureuse de ces phénomènes, l'évolution récente des STC permet cependant de s'en affranchir.

1. Le premier argument est le caractère hautement subjectif de ces expériences qui rend difficile leur étude systématique et leur mesure. Cet argument est en partie lié au rejet de l'introspection dans la psychologie au début du 20<sup>ème</sup> siècle, notamment au travers du manifeste de Watson. La centration exclusive sur les méthodes objectives et le rejet de l'introspection ont changé la manière de voir le sujet humain dans la situation de laboratoire. Traditionnellement vu comme à la fois observateur et observé, le sujet devient le simple objet d'une observation, une machine qui se comporte. Depuis quelques années, les STC modernes, notamment les approches émotivistes et enactives, réintroduisent la notion d'un observateur incarné, agissant dans un univers intersubjectif. Ce changement de point de vue est parfaitement illustré par la démarche neuro-phénoménologique : l'expérience subjective n'est plus vu comme une donnée accessoire et non fiable ; au contraire des techniques originales de mesure de l'expérience subjective sont développées et corrélées aux résultats objectifs.
2. Un second argument est le manque de reproductibilité des effets obtenus dans l'étude de ces phénomènes et le nombre trop important de facteurs explicatifs potentiels. Une variabilité individuelle élevée est en effet problématique pour obtenir des résultats statistiquement significatifs. C'est toutefois un problème général dans les STC, qui se manifeste en particulier dans les études de processus élaborés tels que la conscience et les émotions. Un paradigme expérimental adéquatement contrôlé peut partiellement résoudre ce problème. D'un point de vue théorique cependant, il ne faut pas oublier qu'une grande partie de la littérature en neuropsychologie est basée sur l'étude de cas unique. Enfin l'étude de cas uniques et de la variabilité inter-individuelle est en train de prendre une nouvelle dimension dans les STC, grâce à l'émergence de puissantes techniques d'analyse. La très récente approche AmICA par exemple, permet d'extraire

et reconstituer les différents générateurs d'un tracé EEG haute résolution, non seulement les sources dipolaires corticales, mais également les différentes composantes du « bruit » musculaire (yeux, cou, nuque...).

3. Un dernier argument est le manque d'écologie inhérent à l'étude en laboratoire de ces différentes pratiques. C'est particulièrement le cas lorsque ces pratiques sont collectives, requièrent d'effectuer des mouvements et s'étendent dans le temps. Que reste-t-il dès lors du phénomène que l'on souhaite étudier lorsque le sujet est seul, allongé dans un IRMf et effectue un tâche durant quelques minutes ? Les récentes avancées en imagerie cérébrale, informatique embarquée et analyse temps-réel permettent de s'affranchir des précédentes limitations. Il est en effet possible de **mesurer simultanément l'activité cérébrale de plusieurs individus** lors de l'exécution d'une tâche donnée, de combiner les informations provenant de capteurs multiples (capture de mouvement, oculomètre...) dans des algorithmes de **réduction d'artefacts**. Enfin il existe des systèmes permettant la collecte de données EEG sur un sujet mobile, soit sans-fil, soit avec une longue fibre optique spécifique pour plus de résolution. Ces systèmes existent déjà, parfois à l'état de prototype, et vont bouleverser l'ensemble des STC au cours des années à venir.

L'émergence de l'étude des états modifiés de conscience en tant que discipline scientifique des STC se produit dans un contexte actuel de changement de paradigme dans les STC. Cette discipline trouve de fortes résonances avec le courant enactif qui voit l'homme comme incarné et agent participatif de la réalité. A l'instar d'autres changements de paradigme historiques, telles que la découverte de l'ADN ou du rayonnement électromagnétique, des protocoles novateurs sont encore à développer ; adaptés à l'étude de l'intersubjectivité et des différences individuelles.

Bien que leur mécanisme d'action soit largement inconnu, il est important de soumettre ces pratiques à l'examen critique et objectif de la science moderne, sans rejeter leur validité a priori. A l'inverse il convient également d'être vigilant et valider les résultats prometteurs obtenus dans des paradigmes souvent préliminaires, en effectuant des répliques avec tous les contrôles nécessaires. Leur utilisation doit avoir lieu sous la supervision de personnel formé spécifiquement, et dotés d'une éthique irréprochable.

Eu égard des substances dites hallucinogènes ou psycho-intégratrices (dont certaines sont considérées comme illégales en France), le présent rapport ne constitue aucunement une incitation à l'auto-médication non-supervisée ni à la consommation récréative, il est indispensable de les associer à une psychothérapie et de prendre en charge le patient de manière spécifique. Il serait souhaitable de réexaminer la littérature prolifique sur le sujet datant de plus de 30 ans, et de la soumettre à l'examen critique des nouveaux paradigmes et techniques d'imagerie en STC, afin d'évaluer de manière scientifiquement rigoureuse ces nombreuses directions prometteuses pour la thérapie et la recherche fondamentale. Il serait logique que des patients atteints de conditions invalidantes graves, qui ne sont soulagées par aucun traitement disponible sur le marché, puissent bénéficier d'alternatives potentielles dont l'efficacité est prouvée scientifiquement.

En résumé, l'étude des états modifiés de conscience constitue une chance et un défi pour les STC qui sont actuellement en pleine mutation ; elle constitue selon nous **un enjeu majeur** non seulement scientifique mais aussi technologique, thérapeutique, social, financier et éthique, qu'un nombre croissant de pays ont saisi.

## Remerciements

Ce document effectue une synthèse des présentations, tables rondes et discussions organisées en Avril 2009, ainsi que des réponses au questionnaire de consultation prospective qui a suivi. Nous tenons à remercier vivement tous les chercheurs qui y ont participé.

Un remerciement particulier est adressé à Claire Braboszcz (*Doctorante, Université Paul Sabatier, Toulouse*) pour nous avoir transmis son excellent travail de revue intitulé « Meditation and Neuroscience: from basic research to clinical practice » dont la partie « Méditation » est largement inspirée. (*Ce chapitre du livre « Handbook of integrative clinical psychology, psychiatry and behavioral medicine: perspectives, practices and research. » édité par Roland A. Carlstedt, Ph.D a été corédigé par C Braboszcz, S. Hahusseau, et A. Delorme.*)

Nous tenons également à remercier Thomas Droulez (*Doctorant, Université de Strasbourg*), Pierre Etevenon (*INSERM de 1967 - 1999, Directeur de Recherches honoraire*), Frank Laroi (*Cognitive Psychopathology Unit, Université de Liège, Belgique*), Bruno Suarez (*Service d'Imagerie Médicale du Pr Christian Vallée. Hôpital Raymond Poincaré, Garches*) et Manuel Vidal (*Chargé de recherches au CNRS, LPPA / Collège de France*), pour leur contribution substantielle à la partie « Direction Futures », au travers de leurs réponses à la consultation virtuelle.

Enfin nous remercions PIRSTEC pour avoir accepté et soutenu notre proposition d'atelier de prospective dans la cadre de son mandat pour l'Agence Nationale de la Recherche.

## Références

1. Thompson, E. *Between Ourselves : Second-Person Issues in the Study of Consciousness*. (Imprint Academic: 2001).
2. Varela, F.J., Thompson, E.T. & Rosch, E. *The Embodied Mind: Cognitive Science and Human Experience*. (The MIT Press: 1992).
3. Blanke, O., Landis, T., Spinelli, L. & Seeck, M. Out-of-body experience and autoscopia of neurological origin. *Brain* **127**, 243-58(2004).
4. Lenggenhager, B., Tadi, T., Metzinger, T. & Blanke, O. Video ergo sum: manipulating bodily self-consciousness. *Science* **317**, 1096-9(2007).
5. Schwabe, L. & Blanke, O. Cognitive neuroscience of ownership and agency. *Conscious Cogn* **16**, 661-6(2007).
6. Jaseja, H. Meditation and epilepsy: the ongoing debate. *Med Hypotheses* **68**, 916-7(2007).
7. Lutz, A., Slagter, H.A., Dunne, J.D. & Davidson, R.J. Attention regulation and monitoring in meditation. *Trends Cogn Sci* **12**, 163-9(2008).
8. Carter, O.L. et al. Meditation alters perceptual rivalry in Tibetan Buddhist monks. *Curr Biol* **15**, R412-3(2005).
9. Axmacher, N., Helmstaedter, C., Elger, C.E. & Fell, J. Enhancement of neocortical-medial temporal EEG correlations during non-REM sleep. *Neural Plast* **2008**, 563028(2008).
10. Wittmann, M. et al. Effects of psilocybin on time perception and temporal control of behaviour in humans. *J Psychopharmacol* **21**, 50-64(2007).
11. Carter, O.L. et al. Modulating the rate and rhythmicity of perceptual rivalry alternations with the mixed 5-HT<sub>2A</sub> and 5-HT<sub>1A</sub> agonist psilocybin. *Neuropsychopharmacology* **30**, 1154-1162(2005).
12. Frecska, E., White, K.D. & Luna, L.E. Effects of the Amazonian psychoactive beverage Ayahuasca on binocular rivalry: interhemispheric switching or interhemispheric fusion? *J Psychoactive Drugs* **35**, 367-74
13. Geyer, M.A. & Vollenweider, F.X. Serotonin research: contributions to understanding psychoses. *Trends Pharmacol Sci* (2008).doi:S0165-6147(08)00154-5
14. González, J.C. Une perspective wittgensteinienne sur le problème de la conscience dans les sciences cognitives. *Intellectica* **I**, (2001).
15. Varela, F.J. Neurophenomenology: A methodological remedy for the hard problem. *Explaining consciousness: The hard problem* 338-43(1997).
16. Grob, C.S. et al. Human psychopharmacology of hoasca, a plant hallucinogen used in ritual context in Brazil. Commentary. *The Journal of nervous and mental disease* **184**, 86-98(1996).
17. Callaway, J.C., Airaksinen, M.M., McKenna, D.J., Brito, G.S. & Grob, C.S. Platelet serotonin uptake sites increased in drinkers of ayahuasca. *Psychopharmacology* **116**, 385-387(1994).
18. Grob, C.S. & McKenna, D.J. The Hoasca Project: Current Status. *Maps Bulletin* **5**, (1995).
19. MCKENNA, D., CALLAWAY, J. & GROB, C. The scientific investigation of ayahuasca: a review of past and current research. *The Heffter Review of Psychedelic Research* **1**, 65-77(1998).
20. Martin, M.G.F. The limits of self-awareness. *Philosophical Studies* **120**, 37-89(2004).
21. Smith, A.D. *The problem of perception*. (Harvard University Press: 2002).

22. González, J.C. El argumento de la alucinación revisitado. *Acta Comportamentalia* **12**, 55-73(2004).
23. González, J.C. Du concept 'hallucinogène' au concept 'lucidogène' (aller-retour). *Réalités Altérées, Initiations, Thérapies et quêtes de soi à travers les substances psychotropes*
24. O'Regan, J.K. & Noë, A. A sensorimotor account of vision and visual consciousness. *Behavioral and brain sciences* **24**, 939–973(2002).
25. Cahn, B.R. & Polich, J. Meditation states and traits: EEG, ERP, and neuroimaging studies. *Psychological bulletin* **132**, 180–211(2006).
26. Lazar, S.W. et al. Meditation experience is associated with increased cortical thickness. *Neuroreport* **16**, 1893–7(2005).
27. Khalsa, S.S. et al. Interoceptive awareness in experienced meditators. *Psychophysiology* **45**, 671-677(2008).
28. Jevning, R., Wallace, R.K. & Beidebach, M. The physiology of meditation: a review. A wakeful hypometabolic integrated response. *Neuroscience and biobehavioral reviews* **16**, 415–24(1992).
29. Badra, L.J. et al. Respiratory modulation of human autonomic rhythms. *Am J Physiol Heart Circ Physiol* **280**, H2674–88(2001).
30. Saul, J. Beat-to-beat variations of heart rate reflect modulation of cardiac autonomic outflow. *Physiology* (1990).at  
<<http://physiologyonline.physiology.org/cgi/content/abstract/5/1/32>>
31. Ajaya, S. Yoga psychology: A practical guide to meditation. *books.google.com* (1976).at  
<<http://books.google.com/books?hl=en&lr=&ie=UTF-8&id=UjgmFmUdMU8C&oi=fnd&pg=PA1&dq=Ajaya+1976&ots=c1m9cZm9rw&sig=KHZv8VJgtmTSRQfuq9GqHHhM218>>
32. Davidson, R., Kabat-Zinn, J. & Schumacher, J. Alterations in brain and immune function produced by mindfulness meditation. *Psychosomatic Medicine* (2003).at  
<<http://www.psychosomaticmedicine.org/cgi/content/abstract/65/4/564>>
33. Robinson, F., Mathews, H. & Witek-Janusek, L. Psycho-endocrine-immune response to mindfulness-based stress reduction in individuals infected with \ldots. *The Journal of Alternative & Complementary Medicine* (2003).at  
<<http://www.liebertonline.com/doi/abs/10.1089/107555303322524535>>
34. Pagnoni, G. & Cekic, M. Age effects on gray matter volume and attentional performance in Zen meditation. *Neurobiology of Aging* (2007).at  
<<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/17655980>>
35. Brefczynski-Lewis, J., Lutz, A. & Schaefer, H. Neural correlates of attentional expertise in long-term meditation practitioners. *Proceedings of the National Academy of Sciences* (2007).at <<http://www.pnas.org/cgi/reprint/104/27/11483.pdf>>
36. Lutz, A., Slagter, H.A., Dunne, J.D. & Davidson, R.J. Attention regulation and monitoring in meditation. *Trends in Cognitive Sciences* **12**, 163–9(2008).
37. Corbetta, M. & Shulman, G.L. Control of goal-directed and stimulus-driven attention in the brain. *Nat Rev Neurosci* **3**, 201–15(2002).
38. Coull, J.T. Neural correlates of attention and arousal: insights from electrophysiology, functional neuroimaging and psychopharmacology. *Progress in Neurobiology* **55**, 343–61(1998).
39. Berger, A., Kofman, O., Livneh, U. & Henik, A. Multidisciplinary perspectives on attention and the development of self-regulation. *Progress in Neurobiology* **82**, 256–86(2007).
40. Srinivasan, N. & Baijal, S. Concentrative meditation enhances preattentive processing: a mismatch negativity study. *Neuroreport* **18**, 1709–12(2007).

41. Cahn, B. Neurophysiologic correlates to sensory and cognitive processing in altered states of consciousness. *gradworks.umi.com* (2007).at <<http://gradworks.umi.com/32/58/3258980.html>>
42. Slagter, H.A. et al. Mental training affects distribution of limited brain resources. *PLoS Biology* **5**, e138(2007).
43. Wenger, M. & Bagchi, B. Studies of autonomic functions in practitioners of yoga in India. *Behavioral Science* (1961).at <<http://www3.interscience.wiley.com/journal/114075024/abstract>>
44. Valentine, E. & Sweet, P. Meditation and attention: A comparison of the effects of concentrative and mindfulness meditation on \ldots. *Mental Health* (1999).at <<http://www.informaworld.com/index/784099659.pdf>>
45. Fan, J., McCandliss, B.D., Sommer, T., Raz, A. & Posner, M.I. Testing the efficiency and independence of attentional networks. *Journal of cognitive neuroscience* **14**, 340–7(2002).
46. Tang, Y. et al. Short-term meditation training improves attention and self-regulation. *Proc Natl Acad Sci USA* **104**, 17152–6(2007).
47. Schooler, J. Re-representing consciousness: dissociations between experience and meta-consciousness. *Trends in Cognitive Sciences* **6**, 339–344(2002).
48. Smallwood, J., McSpadden, M. & Schooler, J.W. The lights are on but no one's home: meta-awareness and the decoupling of attention when the mind wanders. *Psychonomic Bulletin & Review* **14**, 527–33(2007).
49. Farb, N. et al. Attending to the present: mindfulness meditation reveals distinct neural modes of self-reference. *Social Cognitive and Affective Neuroscience* **2**, 313–322(2007).
50. Sonuga-Barke, E.J.S. & Castellanos, F.X. Spontaneous attentional fluctuations in impaired states and pathological conditions: a neurobiological hypothesis. *Neuroscience and biobehavioral reviews* **31**, 977–86(2007).
51. Wheeler, R.E., Davidson, R.J. & Tomarken, A.J. Frontal brain asymmetry and emotional reactivity: a biological substrate of affective style. *Psychophysiology* **30**, 82–9(1993).
52. Allan, S.A. & Kline, D. Evaluation of various attributes of gravid female traps for collection of *Culex* in Florida. *J Vector Ecol* **29**, 285–94(2004).
53. Davidson, R. Asymmetric brain function, affective style, and psychopathology: The role of early experience and \ldots. *Development and Psychopathology* (2008).at <[http://journals.cambridge.org/abstract\\_S0954579400004764](http://journals.cambridge.org/abstract_S0954579400004764)>
54. Craig, A. Forebrain emotional asymmetry: a neuroanatomical basis? *Trends in Cognitive Sciences* (2005).at <<http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1364661305002949>>
55. Damasio, A.R. Descartes' error and the future of human life. *Sci Am* **271**, 144(1994).
56. Davidson, R.J. et al. Alterations in Brain and Immune Function Produced by Mindfulness Meditation. *Psychosom Med* **65**, 564-570(2003).
57. Kabat-Zinn, J., Lipworth, L. & Burney, R. The clinical use of mindfulness meditation for the self-regulation of chronic pain. *J Behav Med* **8**, 163-90(1985).
58. Kabat-Zinn, J. et al. Effectiveness of a meditation-based stress reduction program in the treatment of anxiety disorders. *Am J Psychiatry* **149**, 936-43(1992).
59. Teasdale, J.D. et al. Prevention of relapse/recurrence in major depression by mindfulness-based cognitive therapy. *Journal of consulting and clinical psychology* **68**, 615–23(2000).
60. Michalak, J., Heidenreich, T., Meibert, P. & Schulte, D. Mindfulness predicts relapse/recurrence in major depressive disorder after mindfulness-based cognitive therapy. *The Journal of nervous and mental disease* **196**, 630–3(2008).

61. Blankfield, R. Suggestion, relaxation, and hypnosis as adjuncts in the care of surgery patients: a review of the literature. *The American journal of clinical hypnosis* (1991).at <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/2012007>>
62. Marcus, J., Elkins, G. & Mott, F. The integration of hypnosis into a model of palliative care. *Integrative Cancer Therapies* (2003).at <<http://ict.sagepub.com/cgi/content/abstract/2/4/365>>
63. Faymonville, M., Roediger, L. & Fiore, G.D. Increased cerebral functional connectivity underlying the antinociceptive effects of hypnosis. *Cognitive Brain Research* (2003).at <<http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0926641003001137>>
64. Derbyshire, S., Whalley, M. & Stenger, V. Cerebral activation during hypnotically induced and imagined pain. *Neuroimage* (2004).at <<http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1053811904002435>>
65. Peyron, R., Laurent, B. & Garcia-Larrea, L. Functional imaging of brain responses to pain. A review and meta-analysis (2000). *Neurophysiologie Clinique/Clinical Neurophysiology* (2000).at <<http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0987705300002276>>
66. Decharms, R., Maeda, F., Glover, G. & Ludlow, D. Control over brain activation and pain learned by using real-time functional MRI. *Proceedings of the National Academy of Sciences* (2005).at <<http://www.pnas.org/cgi/content/abstract/102/51/18626>>
67. Petrovic, P., Kalso, E., Petersson, K. & Ingvar, M. Placebo and opioid analgesia—imaging a shared neuronal network. *Science* (2002).at <<http://www.sciencemag.org/cgi/content/full/295/5560/1737>>
68. Bogaards, M. & Kuile, M.T. Treatment of Recurrent Tension Headache: A Meta-Analytic Review. *Clinical Journal of Pain* (1994).at <<http://www.clinicalpain.com/pt/re/clnpjain/abstract.00002508-199409000-00003.htm>>
69. Melis, P., Roomans, W. & Spierings, E. Treatment of chronic tension-type headache with hypnotherapy: a single-blind time controlled study. *Headache: The Journal of Head and Face Pain* (1991).at <<http://www3.interscience.wiley.com/journal/119343401/abstract>>
70. Spiegel, D. Neurophysiological correlates of hypnosis and dissociation. *Journal of Neuropsychiatry and Clinical Neurosciences* (1991).at <<http://neuro.psychiatryonline.org/cgi/content/citation/3/4/440>>
71. Viswesvaran, C. & Schmidt, F.L. A meta-analytic comparison of the effectiveness of smoking cessation methods. *The Journal of applied psychology* **77**, 554–61(1992).
72. Crasilneck, H. Hypnotic techniques for smoking control and psychogenic impotence. *The American journal of clinical hypnosis* (1990).at <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/2296915>>
73. Spanos, N., Williams, V. & Gwynn, M. Effects of hypnotic, placebo, and salicylic acid treatments on wart regression. *Psychosomatic Medicine* (1990).at <<http://www.psychosomaticmedicine.org/cgi/content/abstract/52/1/109>>
74. Bolocofsky, D., Spinler, D. & Coulthard-Morris, L. Effectiveness of hypnosis as an adjunct to behavioral weight management. *Journal of Clinical Psychology* (1985).at <<http://www3.interscience.wiley.com/journal/112458055/abstract>>
75. Attias, J., Shemesh, Z., Sohmer, H. & Gold, S. Comparison between self-hypnosis, masking and attentiveness for alleviation of chronic tinnitus. *International Journal of Audiology* (1993).at <<http://www.informaworld.com/index/786723216.pdf>>
76. Collison, D. Which asthmatic patients should be treated by hypnotherapy? *The Medical journal of Australia* (1975).at <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/1152761>>
77. LaBaw, W. The use of hypnosis with hemophilia. *Psychiatric medicine* (1992).at <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/1289965>>

78. Friedman, H. & Taub, H. A six-month follow-up of the use of hypnosis and biofeedback procedures in essential hypertension. *The American journal of clinical hypnosis* (1978).at <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/757320>>
79. Spiegel, D. & Sephton, S. Psychoneuroimmune and endocrine pathways in cancer: effects of stress and support. *Seminars in clinical neuropsychiatry* (2001).at <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/11607921>>
80. Jacknow, D., Tschann, J. & Link, M. Hypnosis in the prevention of chemotherapy-related nausea and vomiting in children: a prospective study. *Journal of Developmental & Behavioral Pediatrics* (1994).at <<http://www.jrnldbp.com/pt/re/jdbp/abstract.00004703-199408000-00007.htm>>
81. Black, S. Inhibition of immediate-type hypersensitivity response by direct suggestion under hypnosis. *British Medical Journal* (1963).at <<http://www.bmj.com/cgi/reprint/1/5335/925>>
82. Jenkins, M. & Pritchard, M. Hypnosis: Practical Applications and Theoretical Considerations in Normal Labour. *Obstetrical & Gynecological Survey* (1993).at <<http://www.obgynsurvey.com/pt/re/obgynsurv/abstract.00006254-199309000-00011.htm>>
83. Martin, A., Schauble, P., Rai, S. & Curry, R. The effects of hypnosis on the labor processes and birth outcomes of pregnant adolescents. *Journal of Family Practice* (2001).at <<http://www.jfponline.com/Pages.asp?AID=2223&UID=>>>
84. Haanen, H., Hoenderdos, H. & Romunde, L.V. Controlled trial of hypnotherapy in the treatment of refractory fibromyalgia. *The journal of Rheumatology* (1991).at <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/2023202>>
85. Maquet, P., Faymonville, M. & Degueldre, C. Functional neuroanatomy of hypnotic state. *Biological Psychiatry* (1999).at <<http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0006322397005465>>
86. Kosslyn, S., Thompson, W. & \ldots, M.C. Hypnotic visual illusion alters color processing in the brain. *American Journal of Psychiatry* (2000).at <<http://ajp.psychiatryonline.org/cgi/content/abstract/157/8/1279>>
87. Szechtman, H., Woody, E. & Bowers, K. Where the imaginal appears real: A positron emission tomography study of auditory hallucinations. *Proceedings of the National Academy of Sciences* (1998).at <<http://www.pnas.org/cgi/content/abstract/95/4/1956>>
88. Horton, J., Crawford, H. & Harrington, G. Increased anterior corpus callosum size associated positively with hypnotizability and the ability to control pain. *Brain* (2004).at <<http://brain.oxfordjournals.org/cgi/content/abstract/127/8/1741>>
89. Raz, A., Fan, J. & Posner, M. Hypnotic suggestion reduces conflict in the human brain. *Proceedings of the National Academy of Sciences* (2005).at <<http://www.pnas.org/cgi/content/abstract/102/28/9978>>
90. Oakley, D. Hypnosis as a tool in research: experimental psychopathology. *Contemporary Hypnosis* (2006).at <<http://www.hypnosisunituk.co.uk/articles/Oakley2006.pdf>>
91. Winkelman, M.J. & Roberts, T.B. *Psychedelic Medicine [Two Volumes]: New Evidence for Hallucinogenic Substances as Treatments*. (Praeger Publishers: 2007).
92. Griffiths, R., Richards, W., Johnson, M., McCann, U. & Jesse, R. Mystical-type experiences occasioned by psilocybin mediate the attribution of personal meaning and spiritual significance 14 months later. *J. Psychopharmacol. (Oxford)* **22**, 621-632(2008).
93. Johnson, M., Richards, W. & Griffiths, R. Human hallucinogen research: guidelines for safety. *J Psychopharmacol* **22**, 603-20(2008).
94. Passie, T., Halpern, J.H., Stichtenoth, D.O., Emrich, H.M. & Hintzen, A. The Pharmacology of Lysergic Acid Diethylamide: A Review. *CNS Neuroscience & Therapeutics* **14**, 295-314(2008).

95. Bruhn, J.G., Lindgren, J., Holmstedt, B. & Adovasio, J.M. Peyote Alkaloids: Identification in a Prehistoric Specimen of *Lophophora* from Coahuila, Mexico. *Science* **199**, 1437-1438(1978).
96. El-Seedi, H.R., De Smet, P.A.G.M., Beck, O., Possnert, G. & Bruhn, J.G. Prehistoric peyote use: alkaloid analysis and radiocarbon dating of archaeological specimens of *Lophophora* from Texas. *J Ethnopharmacol* **101**, 238-242(2005).
97. González-Maeso, J. et al. Hallucinogens recruit specific cortical 5-HT(2A) receptor-mediated signaling pathways to affect behavior. *Neuron* **53**, 439-452(2007).
98. Bunzow, J.R. et al. Amphetamine, 3,4-methylenedioxymethamphetamine, lysergic acid diethylamide, and metabolites of the catecholamine neurotransmitters are agonists of a rat trace amine receptor. *Mol Pharmacol* **60**, 1181-8(2001).
99. Jacob, M.S. & Presti, D.E. Endogenous psychoactive tryptamines reconsidered: an anxiolytic role for dimethyltryptamine. *Med Hypotheses* **64**, 930-7(2005).
100. Wallach, J.V. Endogenous hallucinogens as ligands of the trace amine receptors: A possible role in sensory perception. *Med Hypotheses* (2008).doi:S0306-9877(08)00398-8
101. Vaitl, D. et al. Psychobiology of altered states of consciousness. *Psychol Bull* **131**, 98-127(2005).
102. Dittrich, A. Zusammenstellung eines Fragebogens (APZ) zur Erfassung abnormer psychischer Zustände. *Zeitschrift für klinische Psychologie und Psychotherapie* **23**, 12-20(1975).
103. Strassman, R.J., Qualls, C.R., Uhlenhuth, E.H. & Kellner, R. Dose-response study of N, N-dimethyltryptamine in humans. II. Subjective effects and preliminary results of a new rating scale. *Archives of General Psychiatry* **51**, 98-108(1994).
104. Wackermann, J., Wittmann, M., Hasler, F. & Vollenweider, F.X. Effects of varied doses of psilocybin on time interval reproduction in human subjects. *Neurosci. Lett* **435**, 51-55(2008).
105. Bressloff, P.C., Cowan, J.D., Golubitsky, M., Thomas, P.J. & Wiener, M.C. What geometric visual hallucinations tell us about the visual cortex. *Neural Comput* **14**, 473-491(2002).
106. Carter, O.L. et al. Psilocybin links binocular rivalry switch rate to attention and subjective arousal levels in humans. *Psychopharmacology (Berl)* **195**, 415-24(2007).
107. Frecska, E., White, K.D. & Luna, L.E. Effects of ayahuasca on binocular rivalry with dichoptic stimulus alternation. *Psychopharmacology (Berl)* **173**, 79-87(2004).
108. Pettigrew, J. & Carter, O.L. Perceptual Rivalry as an Ultradian Oscillation. *Binocular Rivalry* (2004).
109. Zarate, C.A. et al. A randomized trial of an N-methyl-D-aspartate antagonist in treatment-resistant major depression. *Arch. Gen. Psychiatry* **63**, 856-864(2006).
110. Mercadante, S., Arcuri, E., Tirelli, W. & Casuccio, A. Analgesic effect of intravenous ketamine in cancer patients on morphine therapy: a randomized, controlled, double-blind, crossover, double-dose study. *J Pain Symptom Manage* **20**, 246-252(2000).
111. Krupitsky, E. & Grinenko, A. Ten Year Study of Ketamine Psychedelic Therapy (KPT) of Alcohol Dependence. *The Heffter Review of Psychedelic Research* **1**, (1998).
112. Krupitsky, E. et al. Ketamine psychotherapy for heroin addiction: immediate effects and two-year follow-up. *Journal of substance abuse treatment* **23**, 273-283(2002).
113. McKenna, D.J. Clinical investigations of the therapeutic potential of ayahuasca: rationale and regulatory challenges. *Pharmacol. Ther* **102**, 111-129(2004).
114. Gable, R.S. Risk assessment of ritual use of oral dimethyltryptamine (DMT) and harmala alkaloids. *Addiction* **102**, 24-34(2007).
115. Goutarel, R. L'ibogaïne en psychothérapie et dans la lutte contre les pharmacodépendances aux stupéfiants. *Institut de Chimie des Substances Naturelles du*

- Centre National de la Recherche Scientifique (CNRS) (1992).at*  
 <<http://www.ibogaine.org/goutarel.html>>
116. Alper, K.R. Ibogaine: a review. *Alkaloids* **56**, 2-38(2001).
  117. Freedlander, J. Ibogaine: A Novel Anti-Addictive Compound A Comprehensive Literature Review. *Journal of Drug Education and Awareness* (2003).
  118. Alper, K.R., Lotsof, H.S., Frenken, G.M.N., Luciano, D.J. & Bastiaans, J. Treatment of acute opioid withdrawal with ibogaine. *American Journal on Addictions* **8**, 234-242(1999).
  119. Sewell, R.A., Halpern, J.H. & Pope, H.G. Response of cluster headache to psilocybin and LSD. *Neurology* **66**, 1920-1922(2006).
  120. Moreno, F.A., Wiegand, C.B., Taitano, E.K. & Delgado, P.L. Safety, tolerability, and efficacy of psilocybin in 9 patients with obsessive-compulsive disorder. *Journal of Clinical Psychiatry* **67**, 1735-1740(2006).
  121. Ricaurte, G.A., Yuan, J., Hatzidimitriou, G., Cord, B.J. & McCann, U.D. Retraction. *Science* **301**, 1479(2003).
  122. Bouso, J.C., Doblin, R., Farré, M., Alcázar, M.A. & Gómez-Jarabo, G. MDMA-assisted psychotherapy using low doses in a small sample of women with chronic posttraumatic stress disorder. *J Psychoactive Drugs* **40**, 225-36(2008).
  123. Nature Editorial Ecstasy could augment the benefits of psychotherapy. *Nature* **456**, 293(2008).
  124. Johansen, P.O. & Krebs, T.S. How could MDMA (ecstasy) help anxiety disorders? A neurobiological rationale. *Journal of Psychopharmacology* 0269881109102787v1(2009).
  125. Morris, K. Research on psychedelics moves into the mainstream. *Lancet* **371**, 1491-1492(2008).
  126. Cepeda, M.S., Carr, D.B., Lau, J. & Alvarez, H. Music for pain relief. *Cochrane Database Syst Rev* CD004843(2006).doi:10.1002/14651858.CD004843.pub2
  127. Siedliecki, S.L. & Good, M. Effect of music on power, pain, depression and disability. *J Adv Nurs* **54**, 553-562(2006).
  128. Nilsson, U., Unosson, M. & Rawal, N. Stress reduction and analgesia in patients exposed to calming music postoperatively: a randomized controlled trial. *Eur J Anaesthesiol* **22**, 96-102(2005).
  129. Salamon, E., Kim, M., Beaulieu, J. & Stefano, G.B. Sound therapy induced relaxation: down regulating stress processes and pathologies. *Med. Sci. Monit* **9**, RA96-RA101(2003).
  130. Rudin, D., Kiss, A., Wetz, R.V. & Sottile, V.M. Music in the endoscopy suite: a meta-analysis of randomized controlled studies. *Endoscopy* **39**, 507-510(2007).
  131. Kuhn, D. The effects of active and passive participation in musical activity on the immune system as measured by salivary immunoglobulin A (SIgA). *J Music Ther* **39**, 30-39(2002).
  132. Teng, X.F., Wong, M.Y.M. & Zhang, Y.T. The effect of music on hypertensive patients. *Conf Proc IEEE Eng Med Biol Soc* **2007**, 4649-4651(2007).
  133. Bernardi, L., Porta, C. & Sleight, P. Cardiovascular, cerebrovascular, and respiratory changes induced by different types of music in musicians and non-musicians: the importance of silence. *Heart* **92**, 445-452(2006).
  134. Good, M. et al. Relief of postoperative pain with jaw relaxation, music and their combination. *Pain* **81**, 163-172(1999).
  135. Roy, M., Peretz, I. & Rainville, P. Emotional valence contributes to music-induced analgesia. *Pain* **134**, 140-147(2008).

136. Roy, M., Mailhot, J.P., Gosselin, N., Paquette, S. & Peretz, I. Modulation of the startle reflex by pleasant and unpleasant music. *International Journal of Psychophysiology* **71**, 37-42(2009).
137. Salimpoor, V. Evidence for Striatal Dopamine Release During Music Listening. (2009).
138. Blood, A.J. & Zatorre, R.J. Intensely pleasurable responses to music correlate with activity in brain regions implicated in reward and emotion. *Proceedings of the National Academy of Sciences* **98**, 11818(2001).
139. Arias, P. & Cudeiro, J. Effects of rhythmic sensory stimulation (auditory, visual) on gait in Parkinson's disease patients. *Exp Brain Res* **186**, 589-601(2008).
140. Thaut, M.H. et al. Rhythmic auditory stimulation improves gait more than NDT/Bobath training in near-ambulatory patients early poststroke: a single-blind, randomized trial. *Neurorehabil Neural Repair* **21**, 455-459(2007).
141. Soto, D. et al. Pleasant music overcomes the loss of awareness in patients with visual neglect. *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A* **106**, 6011-6016(2009).
142. Särkämö, T. et al. Music listening enhances cognitive recovery and mood after middle cerebral artery stroke. *Brain* **131**, 866-876(2008).
143. Maratos, A.S., Gold, C., Wang, X. & Crawford, M.J. Music therapy for depression. *Cochrane Database Syst Rev* CD004517(2008).doi:10.1002/14651858.CD004517.pub2
144. Dileo, C. & Bradt, J. *Medical Music Therapy*. (Jeffrey Books: 2005).
145. Kuhn, T.S. The structure of scientific revolutions. 1962. *Chicago: U of Chicago P* (1962).
146. Winkelman, M. Complementary Therapy for Addiction: "Drumming Out Drugs". *Am J Public Health*. **93**, 647-651(2003).
147. Dzirasa, K. et al. Dopaminergic control of sleep-wake states. *J. Neurosci* **26**, 10577-10589(2006).
148. Legrand, D. & Ruby, P. What is self-specific? Theoretical investigation and critical review of neuroimaging results. *Psychological Review* **116**, 252-282(2009).
149. Sotnikova, T.D. et al. Dopamine-independent locomotor actions of amphetamines in a novel acute mouse model of Parkinson disease. *PLoS Biol* **3**, e271(2005).
150. Lorant-Royer, S., Spiess, V., Goncalves, J. & Lieury, A. Programmes d'entraînement cérébral et performances cognitives : efficacité, motivation... ou « marketing » ? De la Gym-Cerveau au programme du Dr Kawashima. *Bulletin de psychologie* **498**, 531-549(2008).
151. Lang, E.V. & Rosen, M.P. *Cost Analysis of Adjunct Hypnosis with Sedation during Outpatient Interventional Radiologic Procedures 1*. **222**, (RSNA: 2002).
152. Zylowska, L. et al. Mindfulness meditation training in adults and adolescents with ADHD: a feasibility study. *J Atten Disord* **11**, 737-746(2008).
153. Makeig, S., Gramann, K., Jung, T., Sejnowski, T.J. & Poizner, H. Linking brain, mind and behavior. *Int J Psychophysiol* **73**, 95-100(2009).
154. Robert Goutarel, Otto Gollnhofer and Roger Sillans, Pharmacodynamics and Therapeutic Applications of Iboga and Ibogaine, *Psychedelic Monographs and Essays*, 6:70-111, 1993

## **VI. Ingénierie, Instrumentation, technologies**



# Interactions homme/système-artificiel

*par F. Dehais (atelier 19)*

Ce document se propose de rassembler les axes et perspectives de recherche discutés sur le thème interaction homme système artificiel lors de l'atelier du 29 et 30 avril par une communauté scientifique transdisciplinaire et un ensemble d'industriels développant des activités de R&D dans ce domaine. En particulier, quatre thèmes ont émergé à l'issue des présentations et des discussions qui se sont suivies : la neuroergonomie, la modélisation formelle de l'interaction homme-machine, les processus de conception et d'évaluation d'environnements interactifs, et les interactions homme-robot.

## **La neuroergonomie :**

- **Compréhension des mécanismes neurocognitifs sous-jacents aux réponses inadaptées de l'homme à un environnement complexe chez le sujet sain et le patient** pour mieux comprendre la similarité de certains troubles cognitifs, qui atteignent en particulier les fonctions exécutives. Ces troubles peuvent apparaître dans le vieillissement normal ou pathologique, chez le sujet diminué (pathologie neurologique, fatigue, manque de sommeil, prise de certains médicaments / drogue / alcool ...) et chez le sujet sain en situation dégradée (ex : génératrice de stress ou d'anxiété) ;
- Elaboration de modèles descriptifs et formels (neurosciences computationnelles, intelligence artificielle) de ces mécanismes ;
- Définition de théories génériques pour la conception de nouveaux systèmes interactifs (ex : commandes et contrôles, simulateurs de comportements) adaptés au traitement perceptif, cognitif et moteur. Définition de contre-mesures cognitives pour le patient et l'utilisateur en situation dégradée ;
- Définition et mise œuvre de nouveaux moyens de mesure (ex : micro et nano capteurs) de nouveaux tests en neuropsychologie et d'intégration d'outils de stimulation (Stimulation magnétique transcrânienne, réalité virtuelle ...) et de mesures existants (EEG, IRM fonctionnelle, oculométrie...) dans le but d'offrir des plate-formes génériques d'analyse et/ou des systèmes de suppléance pour l'utilisateur et le patient.

## **La modélisation formelle de l'interaction homme-machine :**

- Etude et mise en œuvre de concepts et d'outils formels pour décrire les comportements et prédire la performance humaine puis adapter, en conséquence, l'interaction avec les systèmes sur lesquels ils agissent (ex : modification du partage d'autorité, réallocation dynamique de fonctions entre les différents agents...) ;
- Définition d'approches formelles pour modéliser les différents aspects d'un système interactif (activité, tâches, procédures et règlementations, techniques d'interaction (multimodalité, ubiquité)...) ;
- Modélisation de l'erreur humaine et conception de système tolérant aux erreurs humaines ;
- Modélisation cognitive de l'humain en situation d'interaction : analyse des interactions homme-homme et homme(s)-machine(s), analyse des comportements

homme-homme et homme(s)-machine(s), analyse des interactions et des situations de conduite de processus (ex : conduite automobile, pilotage...), simulation de macro-système ;

- Modélisation de systèmes interactifs pour accroître leur fiabilité (sûreté de fonctionnement, aide au diagnostic et à la réparation, comportement proactif...)

### **Processus de conception et d'évaluation d'environnements interactifs :**

- a) Etude et identification des concepts induits et mis en œuvre dans les nouveaux environnements interactifs (ex : réalité virtuelle, systèmes hybrides, mixtes, environnement 3D, interface diffuse) ;
- b) Définition et validation des méthodes de conception et d'évaluation d'environnements interactifs ;
- c) Définition et outillage du processus de développement pour les environnements interactifs complexes et/ou critiques permettant la traçabilité des besoins, la certification, la vérification... ;
- d) Etude et compréhension des dimensions fondamentales des environnements interactifs (ex : utilisabilité, confiance, « user experience », sécurité, gestion de la confidentialité, accessibilité, acceptabilité et plaisir d'usage).

### **Les interactions homme-robot et homme système autonome :**

- Formalisation du partage de contrôle et de structures de décisions dans le contexte d'agents artificiels et humains en interaction (ex : patrouille hétérogènes de drones en interaction avec différents opérateurs, interaction utilisateur pilote automatique/régulateur de vitesse...). Cette thématique relève de l'étude particulière des points durs suivants :
  - droit, devoir et responsabilité (ex : chaîne de commandement...),
  - définition de métriques pour évaluer la performance du système opérateurs-drones,
  - aspect statique ou dynamique de la structure décisionnelle ;
- Compréhension, modélisation et évaluation du concept d'initiative mixte (ex : études des interactions entre opérateurs et algorithmes comportementaux déterministes et non déterministes) ;
- Définition de méthodes et outils pour permettre à l'utilisateur de percevoir et interpréter correctement l'état et les limites de fonctionnement du système partiellement autonome et de contrôler ce système en fonction des rôles et tâches à réaliser (ex : coopération homme-homme, coopération hommes-robots, robotique distribuée...) ;
- Etude des concepts fondamentaux pour la compréhension de l'interaction homme robot dans le cadre d'un partage de ressource (ex : espace commun, sécurité de l'utilisateur, préférence de l'utilisateur...)

### **Application visées :**

- systèmes de commande et contrôle sol (satellites, contrôle aérien, drones et véhicules terrestres)
- cockpits (automobile, aviation...)
- interaction humain-robot
- systèmes critiques de santé (chirurgie assistée, télé-chirurgie, systèmes de monitoring)

- aide à la rééducation fonctionnelle et assistance aux patients
- assistance au pilotage adapté au profil utilisateur (ex : conducteur âgé)
- simulations
- technologie de l'information et de la communication (médiation culturelle et médicale, expériences interactives grands public,...)



# Sciences cognitives, réalité virtuelle et arts

*par Pierre de Loor, Stéphane Vieilledent (atelier 20)*

Les sciences cognitives n'ont pas toujours abordé de façon systématique le rôle du mouvement dans la cognition. Or, le mouvement est notre seul moyen d'interagir avec notre environnement. De ce fait, il paraît raisonnable de lui conférer le statut de fonction cognitive de haut niveau au même titre que la mémoire ou l'attention par exemple. L'interaction avec l'environnement, médiée par le mouvement est donc génératrice de connaissances.

Ces connaissances peuvent être prédéterminées ou prescrites mais elles peuvent également émerger de l'interaction. Dans ce dernier cas, elles engendreront et/ou résulteront d'un processus créatif. Par conséquent, l'étude des processus créatifs à travers des interactions devient centrale et doit permettre un éclairage nouveau sur la cognition. Néanmoins, cette étude ne peut se soustraire à une évaluation rigoureuse de la dynamique des interactions. Plus particulièrement, l'étude des systèmes dynamiques nécessite de les pousser à leurs limites. De ce fait, réalité virtuelle et arts sont tout à fait complémentaires pour cette étude.

*En effet, la réalité virtuelle consiste à simuler en temps réel et dans un monde virtuel, le comportement d'entités autonomes qui sont en interaction entre elles et avec un ou des utilisateurs en immersion pseudo-naturelle par l'intermédiaire de canaux sensori-moteurs. Cette approche de la réalité virtuelle renvoie à une forme de cognition incarnée par le biais d'interfaces enactives et met l'accent sur le rôle majeur des interactions. Le passage par de tels modèles numériques permet un dialogue entre environnement dynamique et entités autonomes. Il offre la possibilité de proposer des formes d'action nouvelles associées à des rendus perceptifs originaux, ce qui permet d'aborder les limites du couplage entre l'action et la perception et même de dépasser ces limites pour inventer de nouvelles formes perceptives, comme le font les arts. Cette notion de contrôle, modulé par la notion d'autonomie, se retrouve également du point de vue expérimental car la réalité virtuelle préserve grandement la validité écologique des situations proposées.*

Par ailleurs, les arts constituent un cas emblématique du processus de création, car ils reposent nécessairement sur l'émergence de connaissances originales et valorisent ainsi la production de formes nouvelles. En effet, du point de vue de l'artiste, ils consistent notamment à proposer de nouvelles formes d'action et du point de vue du spectateur, ils sont à la base de nouvelles formes de perception. Cela peut se traduire par un usage inédit de l'espace au plan individuel ou collectif et par l'instauration d'une relation spécifique au temps et aux rythmes. Ces usages nouveaux de l'espace et du temps nécessitent de nouvelles dynamiques de coordination inter-segmentaire et inter-personnelle. Pour que ces dynamiques puissent accéder au statut de processus créatif, elles doivent susciter également une dynamique émotionnelle.

Concrètement ces études permettront de proposer d'une part des modèles cognitifs pour une meilleure compréhension du processus créatif ; et d'autre part la mise en œuvre de nouvelles technologies et de nouvelles formes d'art.

Néanmoins une telle démarche nécessite de lever les verrous suivants:

- L'identification d'observables opérationnels pour caractériser le processus créatif lui-même et procéder à son évaluation.
- La définition des modèles d'entités artificielles dans les environnements virtuels dont le comportement soit propice à la création. On s'attachera particulièrement au lien entre autonomie, interaction et création.
- Le développement de technologies temps-réel favorisant la transduction corps/machine par un langage corporel d'interaction.
- L'amélioration des interfaces et des mondes virtuels en vue de renforcer l'immersion et la sensation de présence.
- L'identification des systèmes d'affordance propices à la création artistique.
- L'ouverture du système interactif en vue de son appropriation spécifique et de son apprentissage par chaque artiste.

# Réalités virtuelles et psychiatrie

*Contribution de Roland Jouvent (texte en attente)*