

## ATELIER OCULOMOTRICITE PIRSTEC

### PROPOSITION INITIALE

La plupart des informations traitées par l'Homme passent par le canal de la vision ; la vision est aussi une action motrice. L'oculomotricité est un outil transversal, une fenêtre dans le fonctionnement du cerveau, tant au plan neurologique, cognitif et psychique.

L'oculomotricité apporte ses fruits dans de nombreux domaines des neurosciences cognitives, mais aussi en clinique : la neurologie, l'ORL, la gériatrie, la pédiatrie, l'ophtalmologie et les pathologies oculaires, la psychiatrie voire même la psychothérapie, méthodes basées sur la désensibilisation par le mouvement oculaire (EMDR), la psychologie, la neuropsychologie. Au delà de la santé, l'oculomotricité apporte ses fruits dans les domaines de l'ergonomie visuelle, du marketing, de la publicité, de la navigation dans l'espace 3D, de la sécurité routière, du vol dans l'espace, de la lecture des images médicales, ou encore pour l'art, la création et la perception des oeuvres d'art. La liste est loin d'être exhaustive.

L'oculomotricité est un outil aussi bien d'exploration des fonctions visuelles, perceptives, cognitives et psychiques, que de prévention et de rééducation fonctionnelle. En France, la diversité des laboratoires de recherche fondamentale ou appliquée utilisant l'oculomotricité est extrêmement riche et couvre presque tous les aspects cités auparavant.

Une journée sur l'oculomotricité a été organisée par le réseau des ingénieurs du Risc (Sciences Cognitives IdF). Notre proposition fait suite à cette initiative et consiste à proposer l'organisation d'un atelier à Paris consacré à l'oculomotricité dans son intégrité. L'objectif est de couvrir tous les aspects existants et de créer des passerelles et échanges entre la recherche fondamentale et appliquée, dans le monde des neurosciences cognitives, de la santé, de l'éducation, de l'ergonomie visuelle, de l'ingénierie, de l'art, des médias etc. Nous ferons appel pour ces réunions aux ingénieurs, qui développent des méthodes d'enregistrement et d'analyse des mouvements oculaires, mais aussi aux chercheurs du domaine des systèmes complexes, pour l'application des outils d'analyse des trajectoires des mouvements des yeux.

Nous créerons ainsi un réseau national d'oculomotricité incluant tous ces acteurs. Dans d'autres pays, comme par exemple en Angleterre, des réseaux de l'oculomotricité ont été formés depuis des décennies. En France, des ateliers préalables se sont trouvés confrontés à la nécessité de ne sélectionner que certains des secteurs de l'oculomotricité. La présente proposition vise à rassembler tous les secteurs, faire connaître l'apport de l'oculomotricité pour les différentes disciplines, les différents moyens industriels et développements technologiques. Elle permettra d'établir et d'enrichir des liens entre scientifiques, cliniciens et industriels, le monde de l'art, de la culture et de l'éducation.

L'expérience de longue durée de mon laboratoire et de moi-même sur l'oculomotricité comme domaine de prédilection des neurosciences cognitives, sur l'interface avec la clinique, l'éducation, le monde de l'art et de la culture nous permettra d'assumer cette tâche. Notre action au sein de l'Institut de Systèmes Complexes Paris Ile de France est également une très bonne assise pour développer des liens entre deux disciplines transversales, l'oculomotricité et les sciences des de systèmes complexes (voir site <http://www.iscpif.fr/tiki-index.php?page=ECCEM&bl=y>)

Zoï Kapoula

## COMPTE RENDU – COMMUNIQUE DE PRESSE

### Déroulement de l'atelier de l'oculomotricité, journée du 18 septembre 2009

#### Résumé

La journée a été très suivie : un nombre considérable de chercheurs et surtout de jeunes doctorants et post-doctorants, ainsi que des industriels et start-up, ont participé à cette journée (voir liste).

En introduction, *Zoï Kapoula* souligne la richesse et transversalité de la discipline de l'oculomotricité, illustrée par le programme de la journée. L'oculomotricité, discipline modèle pour étudier la plasticité cérébrale, les différentes théories du contrôle moteur, la perception, la cognition et l'attention visuelle, est un outil neurologique pour explorer le fonctionnement du cerveau et les différentes pathologies. Les champs d'application sont très nombreux (en ergonomie, conduite automobile, média etc.) ; le potentiel translationnel énorme et peut concerner presque toute spécialité médicale ou paramédicale. Les développements technologiques en vidéo-oculographie sont considérables et continuent ; plusieurs start-up offrent des services et partenariats avec des équipes de recherche.

**Actions proposées :** Création d'un site web (hébergé par le RISC) et d'un GDR à présenter au CNRS. Ce réseau faciliterait les échanges entre chercheurs – cliniciens – industriels, aussi apporterait un cadre de référence pour les jeunes doctorants et post-doctorants. La nécessité des appels d'offres ANR sur cette discipline à la fois ancienne et très moderne, surtout très fédératrice et transversale.

Sont particulièrement remerciés : *Marine Vernet*, en fin de thèse pour son travail bénévole d'organisation de la journée ; et le soutien de PIRSTEC.

#### Bref aperçu des présentations scientifiques

Plusieurs présentations ont concerné la plasticité cérébrale, étudiée via l'adaptation de la saccade oculaire. *Nicolas Catz* apporte des éléments nouveaux sur les régulations des paramètres temporeux et la base neurale de la plasticité. *Denis Pelisson* explore les mécanismes différentiels de la plasticité des saccades volontaires et réflexives, le transfert de la plasticité d'un type des saccades à l'autre. *Karine Doré-Mazars (avec T Collins, A Fayel, E Orriols et H Deubel)*, *Dorinne Vergilino-Perez (avec L Lavergne, T Collins, A Semroud, E Orrios et K Doré-Mazars)*, *Muriel Panouillères (avec C Urquizar, R Salemme et D Pélisson)* présentent également des travaux sur l'adaptation saccadique, aspects attentionnels et transfert spatial. Il s'agit là d'un réseau d'équipes de qualité travaillant sur un thème d'intérêt fondamental. *Zoï Kapoula* souligne l'intérêt de développer des travaux de plasticité saccadique en neuro-ophtalmologie, rappelant des observations pionnières des patients avec parésies oculomotrices dans les années 70.

*Nadia Alahyane* utilise l'imagerie cérébrale (IRM) pour cerner les développement cortical chez l'enfant l'adolescent et le jeune adulte, la maturation des réseaux corticaux et sous-corticaux activés pour différents types de saccades (pro-saccades, anti-saccades). *Qing Yang (avec Zoï Kapoula)* apporte des informations importantes sur le vieillissement différentiel des latences oculaires chez l'Homme sans pathologie : en particulier une fragilité des saccades volontaires mais une robustesse des saccades automatiques.

*Patrice Senot (avec E Guillaud, A Ducorps, S Baillet, C Beauvillain)* utilise la MEG pour cerner les bases neurales de la réorganisation de l'espace et de la saccade dans le cortex frontal et pariétal (pro- et anti-saccades), *Sourour Chetioui (avec C Beauvillain)* examine les mécanismes de sélection visuelle et d'orientation de l'attention durant la préparation de la

saccade (pro- et anti-saccades). *Louisa Lavergne (avec D Vergilino-Perez, M Lappe et K Doré-Mazars)* travaille sur les erreurs de localisation liées à l'exécution d'une saccade en fonction de sa taille.

*Marie-Laure Bocca* présente des études sur les effets du sommeil. Elle démontre que les tests oculomoteurs (pro-saccades vs anti-saccades, gap-overlap évoquant des saccades plus ou moins automatiques) reflètent les effets du sommeil de manière plus fiable que les tests neuropsychologiques.

*Anne Giersch* nous amène dans un autre domaine de recherche clinique et fondamentale sur la schizophrénie. L'oculomotricité est un outil prometteur pour rechercher les déficits éventuels sur des processus de base de groupement sensorimoteurs chez ces patients.

*E(ye)BRAIN (Serge Kinkingnéhun)* en collaboration avec une équipe INSERM (psychiatrie, *Marie-Odile Krebs*) mène des études oculomotrices en schizophrénie.

*Charle Tijus et François Jouen*, avec Thierry Baccino et l'équipe en IA de Bernadette Bouchon-Meunier du LIP6 présentent l'intérêt du couplage de capteurs multiples incluant l'oculométrie, l'EEG, l'actimétrie et le recueil des données physiologiques (rythme cardiaque, respiratoire, réaction électrodermale). Ils proposent une approche systèmes complexes avec des mesures à plusieurs niveaux. Une plateforme idéale pour cerner des questions complexes des sujets en train de réaliser des tâches naturelles complexes (jeu vidéo, cinéma 3D, environnements virtuels, production verbale écrite, ...).

Dans le domaine de la conduite automobile, *Frank Mars* présente ses recherches sur le contrôle du regard et les stratégies de fixation fréquente du bord intérieur de la route lors d'un virage (point tangent) ; souligne l'importance éventuelle de cette stratégie pour la conception d'assistance à la conduite.

*Isabelle Ingster-Moati* présente ses recherches sur les enfants dyspraxiques, problème qui touche un nombre considérable d'enfants. L'étude de différents types de mouvements (saccade poursuite, réflexe optocinétique) se révèle d'une grande utilité pour la compréhension des problèmes neuro-physiologiques ; la poursuite verticale étant particulièrement affectée. La nécessité d'instruments de vidéo-oculographie performants en recherche clinique est remarquée...

La partie scientifique de la journée se termine avec trois présentations concernant le problème du contrôle moteur binoculaire et de l'alignement des deux yeux. *Zoï Kapoula* souligne l'intérêt d'études plus complexes sur la coordination binoculaire du mouvement de deux yeux, l'inclusion de la dimension 3D (deux directions et profondeur). Autrement dit, des études de l'oculomotricité naturelle et écologique. Les travaux de son laboratoire mettent en évidence que la coordination motrice binoculaire s'acquiert en partie, grâce à l'apprentissage oculomoteur ou adaptation et à l'expérience visuelle, jusqu'à 10-12 ans. La coordination reste pauvre chez des enfants avec strabisme, des enfants présentant des vertiges sans déficit vestibulaire, ou des enfants avec dyslexie. Une bonne coordination motrice et visuelle est nécessaire pour une vision bi-fovéale unie, pour la stéréovision et la perception de la profondeur et pour une lecture aisée. Des dysfonctionnements de la coordination binoculaire sont fréquents (10-18% de la population), perturbent la qualité de la vision, et peuvent occasionner fatigue visuelle, céphalées, voire même un vertige et des troubles de l'équilibre chez l'enfant. Les méthodes d'exploration fonctionnelle et de rééducation (orthoptie), restent subjectives. Il y aurait donc une grande nécessité d'enrichissement avec des enregistrements

objectifs des deux yeux et de trois composantes (horizontale, verticale, profondeur). A l'hôpital Robert Debré, avec le service ORL (Pr. Van den Abbeele, S Wiener-Vacher) et d'ophtalmologie, le laboratoire IRIS/CNRS, entreprend grâce à un PHRC régional, une opération de recherche fondamentale en clinique sur les déficits oculomoteurs en particulier de la vergence, chez des enfants ou ados présentant des vertiges et troubles d'équilibre en l'absence de pathologie vestibulaire ; l'efficacité des méthodes de rééducation classiques (orthoptie) et nouvelles (basées sur la recherche en physiologie oculomotrice avec enregistrement objectif est évaluée (brevet en cours)

*Stephanie Jainta* présente des recherches avec des instruments de haute résolution et des analyses fines de la qualité d'alignement des yeux pendant les fixations lors de la lecture ; des défauts d'alignements sont cernés chez l'adulte sain créant des disparités binoculaires. Ces disparités sont idiosyncratiques, leur origine n'est pas tout à fait comprise.

*Marine Vernet (avec Qing Yang et Zoï Kapoula)* présente des études de la lecture combinant des analyses de la coordination binoculaire et la stimulation magnétique transcrânienne (TMS). La TMS du cortex postérieur pariétal détériore la coordination des saccades et l'alignement des yeux lors des fixations. Ainsi, la lecture est basée sur une activité oculomotrice complexe qui requiert des ressources corticales importantes ; le rôle du cortex pariétal postérieur gauche et droit étant différent, le gauche étant impliqué dans le contrôle binoculaire de la toute première saccade, alors que le droit contrôlerait la séquence oculomotrice.

### **Start-up et industriels.**

E(ye)BRAIN présente une série de coopérations en neurologie (maladie de Parkinson), en psychiatrie et l'imagerie cérébrale, développant ses activités à la Pitié-Salpêtrière et dans différents centres de recherche à Paris.

Dans la même lignée, le laboratoire de Zoï Kapoula avec Marc Verny (Pitié-Salpêtrière, gériatrie neurologique), développe une recherche centrée sur l'apport de l'oculomotricité dans le diagnostic différentiel de la maladie d'Alzheimer versus la démence à corps de Lewy et le suivi de ces maladies via les tests oculomoteurs, programme sélectionné pour un PHRC national – multicentre (brevet en cours).

Miratech est une autre start-up fournissant des services en oculomotricité en média, marketing etc.

Les constructeurs Pertech, TEA (FaceLab), Tobii et SMI présentent ensuite leurs produits : leurs caractéristiques le champ d'application. Les instruments sont les uns plus performants que les autres rendant le choix difficile pour le chercheur. On remarque que le champ d'action le plus important est dans les sciences cognitives, en ergonomie et autres applications.

Des avancements technologiques sont attendus pour des dispositifs de vidéo-oculographie à distance du sujet, de grande résolution temporelle, binoculaires et fiables. Des nombreux secteurs (ophtalmologie, orthoptie, optométrie, posturologie, ORL, neurologie, neuro-pédiatrie etc.) bénéficieraient de ces avancements. Ainsi donc, les industriels ont pu identifier les besoins d'une partie de la communauté scientifique, et les chercheurs des partenariats industriels possibles

## **Liste des groupes de recherche représentés**

*« Espace et action » U864, Inserm et Université Lyon 1, Bron, France*

- Denis Pelisson
- Muriel Panouilleres
- Laure Pisella

*Centre for Neuroscience Studies, Queen's University, Kingston, ON, Canada*

- Nadia Alahyane

*CNRS, INCM, Marseille, France*

- Laurent Goffart

*Neurosciences Integratives et adaptatives, Université de Provence, Marseille*

- Nicolas Catz

*Laboratoire IRIS, Physiopathologie de la Vision et Motricité Binoculaire, CNRS FRE 3154, Paris*

*Collaboration avec :*

*-Service d'Ophtalmologie-ORL-Stomatologie, Hôpital Européen Georges Pompidou*

*-Pôle Chirurgie (Ophtalmologie-ORL), Hôpital Robert Debré*

*-Pr. Marc VERNY, Centre de Gériatrie du pavillon Marguerite Bottard, hôpital de la Pitié-Salpêtrière*

- Zoi Kapoula
- Qing Yang
- Marine Vernet
- Eric Matheron
- Stephanie Jainta (post-doc)

*Leibniz Research Centre for Working Environment and Human Factors, Individual Visual Performance, Dortmund, Germany*

- Stephanie Jainta

*Laboratoire de Psychologie et Neurosciences Cognitives UMR8189, Université Paris Descartes, Boulogne-Billancourt, France*

*Collaborations avec :*

*-Hamburg University, Biological Psychology and Neuropsychology, Hamburg, German*

*-Ludwig-Maximilians-Universität München, Department Psychologie, München, Germany*

*-Westfälische Wilhelms-Universität Münster, Institute of Psychology, Münster, Germany*

*-Laboratoire de Neurosciences Cognitive et Imagerie Cérébrale, UPR 640 CNRS*

*-Centre MEG-EEG - Hôpital Pitié Salpêtrière*

- Dorine Vergilino Perez
- Louisa Lavergne
- Karine Dore-Mazars
- Cécile Beauvillain
- Patrice Sénot
- Sourour Chetioui
- Semroud Arslan

*LUTIN, Laboratoire des Usages en Technologies d'Information Numérique, Paris*

- Charles Tijus
- François Jouen
- Claudio Vandi

*Équipe PsyCoTec (Psychologie, Cognition, Technologie) IRCCyN (Institut de Recherche en Communications et Cybernétique de Nantes) UMR CNRS 6597*

- Franck Mars
- Céline Prevost
- Mathieu Deroo

*Service Ophtalmologie, Hôpital Necker*

- Isabelle Ingster-Moati

*INSERM ERI27-UPRES EA 3917-CHU, Caen &UPRES EA 4042, Orsay*

- Marie-Laure Bocca

*INSERM U666 « Physiopathologie et Psychopathologie Cognitive de la Schizophrénie »;  
Dept de Psychiatrie I - Strasbourg*

- Anne Giersch

*Centre de Psychiatrie et Neurosciences, Paris*

- Steffen Landgraf

*Laboratoire de Psychologie et Neurocognition, CNRS UMR 5105, Université Pierre Mendès France, Grenoble*

- Nathalie Guyader
- Christian Marendaz

*Laboratoire de Neurobiologie des Réseaux Sensorimoteurs, LNRS - CNRS UMR7060, Université Paris 5 (rue des Saints-Pères), Paris*

- Henri Gioanni

*Département Adaptation aux Systèmes Opérationnels IRBA antenne Brétigny-sur-Orge-IMASSA*

- Pascaline Neveu

*Osthéopathe posturologue*

- Alain Faugouin (Paris)

*Kinésithérapeutes posturologues*

- Olivier Bourdeaux
- K. Houfani

*Association française de posturologie*

- Pierre-Marie Gagey

*SIRV, Société Internationale de Réhabilitation Vestibulaire*

- Alain Bauwens

*Orthoptistes*

- Anne Charpentier (Essonne)
- Annick De Lesdain

**Industriels et strat-up représentés**

**e(ye)BRAIN** (Serge Kinkingnéhun et Magali Seassau)

**PERTECH** (Jerôme Baujon et Serge Boehm)

**TEA, FaceLAB** (Stéphane Folley)

**Tobii** (Antoine Luu)

**SMI** (Markus Doelle)

**Mocaplab** (Rémi Brun)

**Miratech** (Jérémie Eskenazi)

**Technoconcept** (Stevy Farcy)