

Remerciements



Grâce à mes études en STAPS et à ma passion pour la physiologie spatiale, j'ai pu intégrer le centre d'initiation et d'entraînement aux activités spatiales, le Space Camp, créé par Patrick Baudry à Cannes-La-Bocca en 1989. J'intervenais en tant qu'animateur scientifique sur le thème de l'entraînement et l'adaptation du corps en microgravité. Au cours de la première année, le **professeur Alain Berthoz** était venu nous faire un exposé passionnant sur le mal de l'espace et ses origines probables (conflit sensoriel). Cinq ans plus tard, nos chemins se croisaient à nouveau et il m'accueillait au sein de son laboratoire pour mon stage de DEA. Il m'a permis d'entrer de plain-pied dans le monde de la recherche. Je l'en remercie vivement car c'est une orientation que je souhaitais donner à mon projet de carrière depuis de nombreuses années. La confiance qu'il m'a accordée a été également l'occasion de réaliser (enfin !) l'un de mes rêves d'étudiant : transmettre ma passion pour le cerveau et ses capacités tant par l'enseignement que je peux aujourd'hui dispenser à l'Université de Créteil que par les recherches en physiologie et biomécanique sur le contrôle moteur.



Je remercie **Joe McIntyre** avec qui j'ai passé six années des plus fructueuses. Ses qualités professionnelles et humaines ont été pour moi le meilleur stimulant pour me motiver durant les phases difficiles que j'ai connues pendant ma thèse. La rigueur avec laquelle il mène ses propres activités de recherche constitue un modèle pour tout étudiant de thèse. Je pense que la HDR qu'il va présenter prochainement sera amplement méritée et je ne peux que me réjouir de l'avoir eu comme co-directeur de ma thèse. Nos « lab-meeting » ont été, sont et seront toujours des moments de grands échanges tant scientifiques que culturels. Nos recherches sont loin d'être finies car plusieurs questions restent en suspens et demandent à être explorées. Ce sont, notamment, celles liées à une récente publication qui appuie nos hypothèses concernant l'importance de la prise en compte de la gravité dans le contrôle moteur. Je lui dois aussi de faire partie des rares privilégiés à avoir pu goûter aux joies et aux sensations uniques que procure un vol en microgravité, grâce à ma participation à deux des campagnes Zéro G du CNES. Merci Joe de m'avoir fait « toucher » de mes sens ce que ressentent les astronautes.

Le **professeur Simon Bouisset** fait aussi partie des personnes à qui je dois d'avoir pu ré-intégrer le cursus universitaire, après une excursion dans le monde du secteur privé. Apparemment, les arguments que j'ai avancés à l'époque, lors de mon entretien, ont été suffisamment convaincants pour qu'il accepte que je fasse le DEA de Physiologie et Biomécanique de la Performance Motrice. Les échanges cordiaux que nous avons régulièrement sont pour moi la preuve que j'ai pris la bonne décision en choisissant l'école doctorale qu'il dirigeait il y a encore deux ans.

Je souhaite inclure **Jean-Louis Gouju**, directeur du STAPS de l'Université Paris XII-Val de Marne à Créteil, dans ces remerciements. En 1996, il a répondu favorablement à ma demande pour faire partie de l'encadrement pédagogique de ce département. J'ai commencé ainsi mes enseignements au sein de l'université tout en m'assurant l'autonomie financière nécessaire à la poursuite de ma thèse. Mon choix était le bon car l'équipe à laquelle j'appartiens maintenant est des plus dynamiques (la moyenne d'âge y est peut-être pour quelque chose). Une collaboration entre le STAPS-Paris XII et le LPPA pourrait même être envisagée dans la mesure où beaucoup de problématiques abordées par notre équipe d'enseignants sont proches de celles sur lesquelles j'ai travaillé pendant ma thèse.

Je voudrais ajouter les membres du jury pour avoir accepté notre invitation. Nous leur sommes très reconnaissants de bien avoir voulu se déplacer de loin pour deux d'entre eux. Nous les remercions également pour leurs questions qui nous ont permis d'expliquer plus avant nos idées et développer les points qui nous semblaient les plus importants dans notre travail de recherche.

Je remercie les membres du **CNES** pour le soutien matériel et technique apporté pour l'acquisition des systèmes d'analyse du mouvement en 3D sans lesquels je n'aurais jamais pu faire mes expériences.

J'ai une pensée spéciale pour les **personnes ayant participé aux expériences** et qui ont accepté de passer plusieurs fois entre mes mains pour me permettre d'alimenter la masse de données nécessaire à mes recherches.

J'inclus évidemment mes **parents** et mon **épouse** sans qui je n'aurais jamais fini ce cursus. Leur soutien a été des plus importants lorsque le moral n'était plus au rendez-vous, notamment pendant les périodes où des difficultés professionnelles sont venues ponctuer ces années passées au LPPA et au STAPS de Créteil.

Je voudrais enfin rendre hommage à deux personnes qui ont quitté la communauté scientifique en 2000.

En tant que passionné d'astrophysique et de cosmologie, je tiens à rendre hommage à un astronome et mathématicien britannique, membre de la Royal Society, décédé au mois d'août à l'âge de 86 ans : Sir *Fred Hoyle*. En 1948, avec H. Bondi et T. Gold, il avait posé les fondements théoriques d'un modèle de l'univers en état stationnaire. C'est à lui que l'on doit l'expression fallacieuse de « Big Bang » (Grand Boum) qu'il avait prononcé lors d'une émission radiophonique de la BBC alors qu'il critiquait un modèle concurrent appartenant à la classe des modèles de Friedmann-Lemaître : celui de l'expansion de l'univers. Malheureusement, les découvertes 1°) par Hubble (en 1929) d'une fuite des galaxies à des vitesses proportionnelle à la distance qui nous en sépare, et 2°) par Penzias et Wilson (en 1965) d'un rayonnement fossile capté quelle que soit la direction dans laquelle se fait la mesure, ont porté un coup sévère à sa conception de notre univers. En effet, ce rayonnement avait été prévu par l'astrophysicien russe Gamow à partir de ses développements de la théorie du Big Bang. C'est grâce à la redécouverte de la fameuse équation permettant d'estimer le temps de collision avec un nuage noir se dirigeant droit vers la Terre à vitesse constante ($T = \theta / (d\theta/dt)$), où T est le temps restant avant la collision, In : F. Hoyle, *The Black Cloud*, 1957), que D.N. Lee a pu poser les premières pierres d'un modèle mathématique destiné à consolider l'approche « gibsonienne » de la perception.

Renato Grasso nous a quitté au mois d'octobre 2000... trop tôt... trop jeune. Nous avons tous été bouleversés mais aussi choqués compte tenu des circonstances dans lesquelles cela est arrivé. Nous avons espéré jusqu'au bout qu'il puisse se rétablir. Mais certaines erreurs (médicales) n'ont pu être réparées. Ma peine a été d'autant plus grande que Renato était une personne de grande valeur, tant humaine que scientifique. Sa bonne humeur et son humour l'accompagnaient tous les jours et ils me manqueront. Je lui dois personnellement beaucoup car il m'a apporté une aide sans faille dès mon arrivée en DEA au LPPA afin de faire mes premières armes en tant que scientifique. Je ne pouvais pas mieux trouver pour faire mon initiation à la recherche.

À ma femme, Anne
À mes enfants, Yves, Kentin et Nathan
À mes parents

En mémoire à Renato Grasso

SOMMAIRE

I. INTRODUCTION	3
I.1. Émergence du concept d'anticipation	4
I.2. Notre démarche	7
II. ÉLÉMENTS THÉORIQUES RELATIFS À L'ÉTUDE DE L'ANTICIPATION	11
II.1. Introduction de l'anticipation dans le contrôle moteur.....	11
II.2. Informations sensorielles pour l'action et l'anticipation.....	23
II.3. Particularités liées à l'utilisation des entrées sensorielles.....	55
II.4. Modèles internes et cadres de référence dans le contrôle moteur	77
II.5. Résumé	87
III. ÉTUDE DE L'ANTICIPATION DANS UNE TÂCHE OÙ LE SUJET SE	
DÉPLACE VERS UN OBJECTIF : LA NAVIGATION	91
III.1. Une approche plus « naturelle » de la locomotion	91
III.2. Matériels et Méthodes	94
III.3. Expérience 1 : Mise en évidence d'une stratégie d'orientation dans une tâche de navigation.....	99
III.4. Expérience 2 : Origine de la stratégie d'orientation.....	109
III.5. Expérience 3 : Développement de la stratégie d'orientation.....	114
III.6. Résumé et conclusion.....	120
IV. ÉTUDE DE L'ANTICIPATION DANS UNE TÂCHE OÙ L'OBJECTIF À	
ATTEINDRE VIENT VERS LE SUJET : L'ATTRAPER.....	125
IV.1. Cadres d'étude pour attraper un objet en mouvement.....	126
IV.2. Matériels et Méthodes	134
IV.3. Expérience 4 : Attraper d'un objet en chute libre sans déplacement de la main.....	137
IV.4. Expérience 5 : Attraper d'un objet en chute libre avec déplacement de la main	149
IV.5. Résumé et conclusion.....	166
V. DISCUSSION GÉNÉRALE	169
V.1. Aspect méthodologique.....	171
V.2. Aspect conceptuel.....	173
V.3. Anticipation et action visuo-motrice	176
V.4. Projection dans le futur.....	180
VI. BIBLIOGRAPHIE.....	183
VII. PUBLICATION.....	205