



COLLOQUE

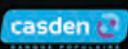
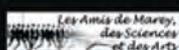
EXPLORER

LE MOUVEMENT

7 > 9 JUILLET 2025 - UFR STAPS, Dijon

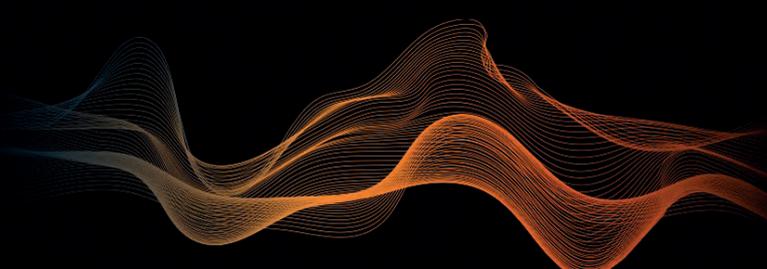
ACTES

Avec le soutien de :



UFR STAPS
Dijon - de Créteil
UNIVERSITÉ
BOURGOGNE EUROPE





A l'approche du bicentenaire de la naissance du savant bourguignon Etienne-Jules Marey (1830-1904), l'écho de ses travaux scientifiques et de son œuvre continue à susciter admiration, curiosité et intérêt. Grâce à des instruments et des appareillages ingénieux, et avec l'aide de ses collaborateurs et mécaniciens, il est parvenu à capturer le mouvement et ainsi à étudier les fonctions de la vie dans le mouvement qui leur appartient proprement. A l'aube du 20ème siècle, les applications innombrables des innovations créées ont permis de contribuer à l'envol de la modernité, dans des secteurs aussi multiples et inattendus que la médecine, la physiologie, l'aviation, la photographie, le cinéma, les arts, l'entraînement sportif et l'éducation physique.



En proposant, depuis plus de 30 ans, une approche intégrée et quantifiée de l'étude du mouvement normal et pathologique, le laboratoire CAPS Inserm U1093 de l'Université Bourgogne Europe a naturellement orienté ses thématiques de recherche dans les pas de son illustre prédécesseur. L'Institut Marey, créé à Dijon en 2015, offre les outils scientifiques les plus pointus pour optimiser et rééduquer la fonction motrice, en réponse à des besoins en santé, bien-être et performance sportive.

Ce colloque a pour ambition de continuer à explorer et à mettre en évidence l'intérêt scientifique et la modernité d'une œuvre qui n'en finit pas de livrer ses secrets.

Les Présidents du Comité Scientifique :
Charalambos Papaxanthis et Thierry Pozzo, Laboratoire INSERM CAPS U1093

AXES DE COMMUNICATION

- Axe 1 - Historique et épistémologique : E.J. Marey, un explorateur dans l'air de son temps
 - Axe 2 - Méthodologique et technologique : Analyse du mouvement au service de la performance et de l'entraînement
 - Axe 3 - Neurophysiologique et expérimental : Contrôle moteur et cognition incarnée
 - Axe 4 - Art et science du mouvement : La science par l'image
- 

Comité d'organisation

Elise Baverel, Chargée de communication de l'UFR STAPS Dijon – Le Creusot

Lionel Crognier, Maître de conférences – Université de Bourgogne –
Laboratoire INSERM U1093 CAPS

Comité scientifique

Présidents :

Charalambos Papaxanthis, Directeur du laboratoire INSERM U1093 CAPS –
Professeur des universités – Université de Bourgogne

Thierry Pozzo, Professeur émérite des universités – Université de
Bourgogne – Laboratoire INSERM U1093 CAPS

Nicolas Babault, Co-directeur du Centre d'Expertise de la Performance
Gilles Cometti – Professeur des universités – Université de Bourgogne –
Laboratoire INSERM U1093 CAPS

Patrick Clastres, Professeur des universités – Université de Lausanne, Suisse

Lionel Crognier, Maître de conférences – Université de Bourgogne –
Laboratoire INSERM U1093 CAPS

Jérémy Gaveau, Professeur des universités – Université de Bourgogne –
Laboratoire INSERM U1093 CAPS

Davy Laroche, Professeur des universités – Université de Bourgogne –
Laboratoire INSERM U1093 CAPS – CHU Dijon

Florent Lebon, Maître de conférences – Université de Bourgogne –
Laboratoire INSERM U1093 CAPS

Marion Leuba, Conservatrice aux Musées de Beaune

France Mourey, Professeur émérite des universités – Université de
Bourgogne – Laboratoire INSERM U1093 CAPS

Christos Paizis, Maître de conférences – Université de Bourgogne –
Laboratoire INSERM U1093 CAPS

Patrick Quercia, Chercheur associé – Laboratoire INSERM U1093 CAPS –
Ophtalmologiste spécialisé en ophtalmo-pédiatrie

- 13h30-14h30 **Conférence inaugurale** Modérateur : Patrick Quercia
L'héritage d'Etienne-Jules Marey : de la Biomécanique à la Physiologie de l'Action
Pr. Thierry Pozzo
- 14h30-15h30 **Conférence plénière** Modératrice : Carine Erard
Figurer le mouvement corporel et sportif pour retenir la vie. Artistes et scientifiques
face à l'invisibilité du visible (XIXe-XXIe siècles)
Pr. Christian Vivier
- 15h30-16h30 **Présentation des posters** Modérateur : Christos Paizis

After effects of vertical prism adaptation on visuospatial
and pitch representation in older adults
*Vincent Ardonceau, Louise Murgia, Bénédicte Poulin-Charronnat, Cyril Sirandre et
Carine Michel-Colent*

Tightened cortico-motor coupling resulting from training-induced vestibular stimulation
in dancers and slackliners
Rémi Demaria, Jean Blouin, Martin Simoneau et Laurence Mouchino

Spatial exteroceptive touch overrides interoceptive conflict
during precision finger movements
*Maria Evangelia Vlachou, Eva Lafaverger, Dany Paleressompoulle,
Laurence Mouchnino et Jean Blouin*

Enhanced somatosensory processing during the planning
of arm movements under gravitational force: an EEG study
Aurélien Godines, Laurence Mouchnino, Jérémie Gaveau et Jean Blouin

Modifications des caractéristiques de la foulée lors de sprints répétés chez le garçon
répubère
Lola Pelletier, Baptiste Chanel et Carole Cometti

Explorer le mouvement : la ré-appropriation du corps douloureux
à travers la médiation aquatique
Anaëlle Rousseau et Thaïs Mary-Bourgeois
- 16h30-17h30 **Conférence plénière** Modératrice : Marion Leuba
De la Station Physiologique au jardin des Mousquetaires.
Contribution à une histoire scientifique et sportive de l'ouest parisien
Lionel Crognier
- 17h30-18h30 **Conférence plénière** Modératrice : Karen Bretin
Étienne-Jules Marey et Georges Demeny au prisme de leur correspondance
Pour une histoire intime et sensible des inventions
Pr. Patrick Clastres
- 18h30-19h00 **Hommage à Jacques Van Hoecke et Christian Pociello**
Pr. Charalambos Papaxanthis et Carine Erard

L'héritage d'Etienne-Jules Marey : de la Biomécanique à la Physiologie de l'Action

Thierry Pozzo

Université Bourgogne Europe, Inserm, CAPS UMR 1093, 21000 Dijon, France

Mots clés : *Méthode Graphique, Chronophotographie, Physique vs Physiologie, Inerte vs Vivant, Sujet vs Objet, Cognition motrice, Couplage Action, Perception, Intersubjectivité*

L'histoire des techniques développées par Etienne-Jules Marey est désormais bien connue, tout comme l'impact de ses travaux dans la communauté scientifique du début du XX^{ème} siècle. Il n'est donc plus nécessaire de refaire ce passé dont la proximité continue d'étonner les chercheurs intéressés à comprendre la complexité de la nature vivante, autrement dit celle qui se déplace et interagit avec son environnement. En revanche, on en sait beaucoup moins sur la façon dont les travaux de Marey ont durablement contaminé les sciences de la vie.

Pour Galilée et les sciences de l'inerte, on élabore des lois en observant la régularité des trajectoires planétaires ou de la chute des corps. C'est selon le même principe qu'Etienne -Jules Marey développe une approche positiviste de l'homme en mouvement. En passant sans transition de l'inorganique au vivant, de la mécanique à la physiologie, EJ Marey marquera lentement mais durablement de nombreux domaines, dont les sciences de la motricité, grâce à la mise en œuvre de ses multiples inventions techniques. Le rapprochement des sciences de la vie avec des champs de recherche plus anciens a permis de dégager des grilles de lectures systématiques ainsi qu'une approche modélisée de la physiologie de la perception et de l'action.

La contrepartie de cette proximité enrichissante a néanmoins i) favorisé la normalisation des phénomènes observés, ii) contribué à confondre mécanisme cartésien avec vitalité des fonctions organiques, iii) effacer les différences interindividuelles souvent considérées comme du bruit de mesure, et in fine iv) freiné l'étude des qualités au profit des seules quantités. Aujourd'hui de nombreux travaux incitent toutefois à penser l'humain et le cerveau non plus comme un organe isolé et universel mais comme relation particulière à autre chose que soi-même et le produit singulier d'interactions situées.

De même, dans la tradition occidentale à laquelle adhère EJ Marey, l'approche physicaliste verticale du vivant considère les conséquences sensorielles de l'action comme le monde d'ici-bas qui s'oppose au monde d'en haut et fait obstacle à la raison. Pourtant une conception horizontale du système nerveux central s'appuyant sur des faits expérimentaux démontrant le rôle structurant du geste volontaire dans la prise de décision, l'apprentissage et la connaissance est désormais envisageable.

Un des objectifs de mon intervention est de convaincre les auditeurs qu'une description de la motricité sous forme de lois générales est une limite à notre compréhension du vivant. En partant de l'ingéniosité méthodologique et expérimentale du savant Bourguignon mon exposé tentera d'apporter un regard critique sur l'évolution des sciences de la motricité et les limites épistémologiques qu'elles rencontrent. Plusieurs questions y seront abordées : L'analyse des qualités et des singularités peut-elle compléter celle des quantités ? Une conception de la performance motrice qui évite les prototypes est-elle envisageable ? La cognition est-elle incarnée ou résulte-t-elle de raisonnements logico-déductifs ?

Figurer le mouvement corporel et sportif pour retenir la vie. Artistes et scientifiques face à l'invisibilité du visible (XIX^e-XXI^e siècles)

Christian Vivier

Directeur du laboratoire C3S

Université Marie et Louis Pasteur, UFRSTAPS, C3S (UR 4660)

25000 Besançon, France

L'idée de cette étude est de décrypter les influences réciproques et multiples qui ont marqué les artistes et les scientifiques dans leur volonté commune de représenter le mouvement corporel et sportif et d'en comprendre les fondements. D'une part, pourquoi les peintres occidentaux, de Géricault à Gleizes, de Léger à Chamizo, de Degas à de Staël ou de Boccioni à Rancillac, ont-ils/elles cette obsession, chevillée au cœur, de (dé)peindre le mouvement sportif ? D'autre part, comment les scientifiques que sont Muybridge, Marey et Demeny (Pociello, 1999), à partir de leurs questionnements et de leurs inventions, ont-ils, à leur tour, influencé la manière dont les peintres ont souhaité rendre visible le mouvement des athlètes à l'exercice ? Artistes et chercheurs semblent face à un défi. C'est en tentant de créer une « illusion » de mouvement que ces deux communautés ont joué d'influences réciproques. Par leurs pinceaux comme par leurs montages innovants, les uns comme les autres n'ont eu de cesse de jouer avec le mouvement, de l'esquisser, de le suggérer, de le feindre grâce à des retranscriptions plus ou moins visuelles. Les visibilité (Foucault, 1969), ces évidences invisibles, et les conditions qui les ouvrent requièrent donc un questionnement épistémologique.

Un travail exploratoire visant à inventorier la manière dont les artistes ont traduit, sur une surface à deux dimensions, la mobilité, le dynamisme et la vitesse des sportifs en action a permis de répertorier 19 artifices, dont deux principaux ont occupé les peintres et chercheurs, à savoir la répétition et la décomposition. Pour preuve, Uccello présente, dans *La Bataille de San Remo* (c1455), plus de quatre siècles avant les chronophotographies sur la locomotion humaine et animale de Marey (années 1880-1890), l'image étirée et multipliée d'un cavalier rabattant sa lance pour charger comme si cet artiste avait déjà connaissance du phénomène multiplicateur de la persistance rétinienne (Bloedé, 2015, 25).

Inversement, au début des années 1870, grâce à un dispositif enregistrant les premières notations chronographiques et courbes dynamographiques, Marey constate que le cheval au galop quitte le sol un court instant lors d'une phase de suspension (Marey, 1878). Incité et soutenu financièrement par le milliardaire américain Stanford, c'est pourtant Muybridge qui en fournit, le 5 juin 1878, les preuves visuelles tant attendues. Les journaux scientifiques se font l'écho retentissant de cette expérience et le 18 novembre 1881, chez Meissonier, petits et grands maîtres de la peinture (Bougereau, Jérôme, Cabanel, etc.) sont invités à reconsidérer plusieurs milliers d'années de représentations picturales. Pourtant, si certains artistes se conforment peu à peu à cette nouvelle vérité en modifiant et même corrigeant leurs œuvres, d'autres (Degas, Rodin, etc.) considèrent que la photographie ment parce qu'elle arrête un temps qui ne peut être stoppé. L'enjeu n'est-il pas, d'une manière générale, pour les artistes comme pour les scientifiques, de décrypter l'invisible, à savoir ce que l'œil ne perçoit pas mais que l'imagination rend « palpable » pour les premiers et que la raison découvre grâce à la science pour les seconds. Depuis l'invention du tableau-objet par Édouard Manet au début de la seconde moitié du XIX^e siècle, la peinture retrouve sa matérialité (Foucault, 2004).

Artistes et scientifiques s'emploient à analyser le mouvement, le décomposer, le recomposer pour mieux le donner à voir et le comprendre. Comment expliquer cette obsession commune et récurrente qui traverse le XX^e siècle magnifiant un monde neuf, auréolé de technologie et de beauté nouvelles ? Le mystère de l'invisibilité du visible est posé et, derrière lui, l'appréhension de la vie dans ce qu'elle a de plus éphémère et de plus fugace (Bellet & Prat, 1992, 12).

Références

Jean-Yves Guillaïn, *Art et Olympisme*, Paris, Atlantica, 2005.

James Bloedé, Paolo Uccello et la représentation du mouvement. Regards sur la Bataille de San Romano, Paris ENSBA, 2015, p. 25.

Étienne-Jules Marey, *La machine animale. Locomotion terrestre et aérienne*, Paris, Librairie Germer Baillière et Cie, 1878.

Michel Foucault, *La Peinture de Manet*, Paris, Seuil, Traces écrites, 2004 (M. Saison dir.).

Michel Foucault, *L'archéologie du savoir*, Paris, Gallimard, 1969.

Harry Bellet, Jean-Louis Prat, *L'art en mouvement*, Saint-Paul, Catalogue Fondation Maeght, Imp. Arte-Adrien Maeght, 1992.

Christian Pociello, *La science en mouvement. Etienne Marey et Georges Demeny (1870-1920)*, Paris, PUF, 1999.

Aftereffects of vertical prism adaptation on visuospatial and pitch representation in older adults

Vincent Ardonceau¹, Louise Murgia¹, Bénédicte Poulin-Charronnat², Cyril Sirandre¹, Carine Michel-Colent¹

¹ Université Bourgogne Europe, Inserm, CAPS UMR 1093, 21000 Dijon, France

² Laboratoire d'Étude de l'Apprentissage et du Développement (Dijon, LEAD)
Centre National de la Recherche Scientifique, Université Bourgogne Europe
Université Bourgogne Europe - Pôle AAFE - Esplanade Erasme - BP 26513 - 21065
DIJON CEDEX - France

Key words: *Vertical prism adaptation, Sensorimotor aftereffects, Cognitive aftereffects, Line bisection task, Auditory representation, Visual representations, Spatial cognition*

Prism adaptation (PA) is a well-known technique to assess sensorimotor plasticity. It consists in pointing at different targets while wearing glasses that shift the visual field. PA has been well-studied in the horizontal dimension, where adaptation to both leftward and rightward optical deviations induce sensorimotor aftereffects. In young healthy individuals, asymmetrical cognitive aftereffects on visuospatial representations can also be found after PA to a leftward, but not to a rightward optical deviation. Less is known about older adults, in whom aftereffects seem to be inverted as compared to young adults, due to an inverted initial representational bias. In the vertical dimension, where literature is still scarce, an aftereffect of downward PA was found on both visual and auditory representation. However, all studies in the field of PA have been conducted on young adults. In the present study we aimed to assess whether vertical PA could also produce a visuospatial and auditory representational bias in older adults, who present a modulation of the visuospatial representation and changes in the auditory system due to normal aging. In one task, participants were asked to mark the center of vertical lines presented in front of them. In another task, they had to determine whether a sound presented in a frequency interval was located closer to the lower or the upper bound of the interval. On the visual task our hypothesis was that adaptation to a downward optical deviation should modulate the initial altitudinal bias on the vertical line-bisection task, shifting the visual subjective center of the line upwards. On the auditory task, we also expected a modulation of the initial performance. However, the first results do not indicate any representational aftereffects of PA. Nonetheless, this study is the first to demonstrate sensorimotor aftereffects of vertical PA in older adults, both following an upward and a downward optical deviation. There was a greater magnitude of aftereffects due to downward PA, but there was a greater robustness of those following upward PA.

Tightened cortico-motor coupling resulting from training-induced vestibular stimulation in dancers and slackliners

Rémi Demaria¹, Jean Blouin¹, Martin Simoneau², Laurence Mouchnino³

¹ Centre de Recherche en Psychologie et Neurosciences

Aix Marseille Université, Centre National de la Recherche Scientifique

² Centre Interdisciplinaire de Recherche en Réadaptation et Intégration Sociale

³ Centre de Recherche en Psychologie et Neurosciences

Aix Marseille Université, Centre National de la Recherche Scientifique, Institut
Universitaire de France, Paris, France

Key words: *Tactile, Balance, Somatosensory processing, Gravitational reference frame, EEG*

In vestibular patients with bilateral vestibular loss, we observed cortical facilitation of somatosensory inputs using gravity-related tactile information. This compensation through tactile inputs is interpreted as building up a gravitational reference to maintain equilibrium, similar to the function of an intact vestibular system. Conversely, training with extensive vestibular stimulation-induced neural changes, such as volume loss in cortical and subcortical areas dedicated to processing vestibular inputs, is a finding demonstrated in highly trained dancers and slackliners. This study examined 25 highly trained dancers and slackliners to assess whether their training with extensive vestibular stimulation is associated with the facilitation of the somatosensory processing in response to a translation of the support on which they are standing. The somatosensory cortex response to tactile stimulation of the plantar sole (i.e., SEP), evoked by the relative motion between the skin of the feet and the supporting surface (i.e., shear forces), is expected to exceed that of 21 age- and gender-matched controls.

We computed cross-correlation between the SEP and the shear forces to assess cortico-motor coupling. The results indicate greater and earlier cortico-motor coupling in athletes as compared to controls. This occurs during the initial period of the produced lateral forces. Multimodal cells, which integrate vestibular and somatosensory inputs, may have heightened their responsiveness to tactile stimulation in highly trained athletes engaged in vertiginous activities. Such cells are present, for example, in the somatosensory cortex and in the thalamus.

Spatial exteroceptive touch overrides interoceptive conflict during precision finger movements

Maria Evangelia Vlachou¹, Eva Lafaverge¹, Dany Paleressompoulle¹, Laurence Mouchnino^{1,2}, Jean Blouin¹

¹ Centre de Recherche en Psychologie et Neurosciences (CRPN)
Aix Marseille Université, Centre National de la Recherche Scientifique
Faculté des Sciences 3, place Victor Hugo 13003 Marseille - France

² Institut Universitaire de France (IUF)
Ministère de l'Éducation nationale, de l'Enseignement supérieur et de la
Recherche,

Maison des Universités 103 Boulevard Saint-Michel 75005 Paris - France

Key words: *touch, sensory conflict, vision, movement control, attention, interoception, exteroception*

Touch bridges perception and action by combining exteroception, which provides information about the environment (e.g. texture), with interoception, which monitors bodily states (e.g. movement direction), to guide our interactions with the world. However, in a visuomotor task with conflicting visual and somatosensory input (mirror paradigm), the processing of somatosensory information compromises movement control. In this context, interoceptive touch increases the sensory conflict, disrupting performance. Given the brain's ability to prioritize relevant sensory cues, we explored whether adding an external spatial component to touch could reduce the effect of interoceptive touch. Seventeen adults traced the contour of a white-textured 2D shape on a smooth black surface (interoceptive and exteroceptive-spatial cues) with their index finger, receiving either direct or mirror-reversed visual feedback. A control group (n=17) traced a white shape with the same texture as the black surrounding surface (interoceptive cues). We hypothesized that spatial exteroceptive cues would improve tracing accuracy with mirror-reversed vision. Indeed, finger kinematics revealed significantly greater tracing accuracy when spatial exteroceptive cues were present compared to when only interoceptive touch was available. EEG source analyses showed distinct sensorimotor strategies. The presence of spatial exteroceptive cues significantly increased the activity of the sensorimotor cortex while tracing with mirror compared to direct vision. Conversely, in the absence of spatial exteroceptive cues, the visual cortex showed significantly increased activity, suggesting enhanced reliance on visual information. Our results suggest that the presence of external tactile information, congruent with environmental visual input (here the shape), can reduce sensory conflict and enhance movement control.

Enhanced somatosensory processing during the planning of arm movements under gravitational force: an EEG study

Aurélien Godines¹, Laurence Mouchnino^{1,2}, Jérémie Gaveau³, Jean Blouin¹

¹ Centre de Recherche en Psychologie et Neurosciences (CRPN)
Aix Marseille Université, Centre National de la Recherche Scientifique
Faculté des Sciences 3, place Victor Hugo 13003 Marseille - France

² Institut Universitaire de France (IUF)
Ministère de l'Éducation nationale, de l'Enseignement supérieur et de la
Recherche,

Maison des Universités 103 Boulevard Saint-Michel 75005 Paris - France

³ Université Bourgogne Europe, Inserm, CAPS UMR 1093, 21000 Dijon, France

Key words : *Gravity ; Somatosensory, Planning, Pointing, Kinematic, EEG*

The effect of gravitational force varies considerably during ongoing arm movements, depending on the arm's orientation relative to the vertical axis of gravity. This variation is most pronounced during vertical movements and negligible during horizontal movements. Considering the gravitational force during rapid arm movements most likely relies on the integration of gravity-related sensory inputs from the movement planning stage (proprioceptive, visual, and vestibular). This study specifically investigated if proprioceptive feedback from the arm contributes, and if this contribution is greater for non-horizontal movements. Based on the premise that the cortical sensitivity increases with task-relevant sensory feedback, we hypothesized that the somatosensory cortex's response to vibration-induced stimulation of the shoulder muscles during movement planning would be greater for non-horizontal movements. With their right arm fully extended and initially pointing straight-ahead at shoulder level, participants ($n=15$; 7F, 8M; mean age: 21 ± 3.99 years) produced rapid arm movements to targets in different directions (vertical up and down, 45° slanted up and down, horizontal) upon illumination. A 45° amplitude shoulder rotation relative to the trunk was required to point to each target. The 200 ms vibration of the right anterior deltoid started 100 ms after target onset (i.e., 270 ± 30 ms before movement initiation). In a control condition, no target was presented, and vibration was applied in the absence of movement planning. Kinematic and EEG data were recorded. Source analyses of the EEG signals showed significantly greater response in the left somatosensory for each target direction compared to the control condition ($p < 0.05$), within a 30-120 ms time window following vibration onset. The response did not significantly differ between horizontal and non-horizontal movements. Similar findings were observed in the left insular cortex, a region involved in higher order somatosensory processing, the control of sensorimotor responses of the arm, and in the internal representation of gravity. Our results are consistent with the significant contribution of arm somatosensory inputs to the planning of the arm movements in all directions relative to the gravitational vector.

Modifications des caractéristiques de la foulée lors de sprints répétés chez le garçon prépubère

Lola Pelletier¹, Baptiste Chanel^{1,2}, Carole Cometti^{1,2}

¹ Centre d'Expertise de la Performance, 21000 Dijon, France

² Université Bourgogne Europe, Inserm, CAPS UMR 1093, 21000 Dijon, France

Mots clés : vitesse, entraînement, fatigue, puberté

Introduction

La vitesse est une qualité que nous retrouvons dans la majorité des disciplines sportives en tant que facteur de performance (1). Au vu du développement important de cette dernière durant la phase de prépuberté (2), le travail de vitesse est retrouvé dans de nombreux protocoles d'entraînement chez le jeune. Cependant, à ce jour, nous manquons d'éléments quant aux effets aigus de ce type de sollicitation. Habituellement placé en début de séance, le travail de vitesse pourrait impacter le travail spécifique ultérieur, représentant majoritairement des sollicitations de type pliométrique. De ce fait, l'objectif principal de cette étude était de déterminer les effets aigus de sprints répétés sur la performance de détente verticale chez des jeunes prépubères.

Méthodes

Pour cette étude, 20 garçons prépubères (âge moyen : 10,10 ans \pm 1,55) ont été recrutés. Le protocole expérimental comprenait une session composée de quinze sprints de vingt mètres entrecoupés d'une minute de récupération passive. En amont et en aval de ce travail, ont été réalisés des tests de détente verticale, composés de squat jump (SJ) et drop jump (DJ). La hauteur de saut ainsi que le temps de contact au sol pour le DJ ont été mesurés. Les valeurs Pré et Post ont été comparées à l'aide d'un test t de Student.

Résultats

Une diminution significative de la hauteur de saut a été observée pour SJ ($p < 0,001$ / diminution moyenne : $-7,69\% \pm 7,17$), et pour DJ ($p = 0,024$ / diminution moyenne : $-4,65\% \pm 7,97$). Aucun effet significatif n'a été observé pour le temps de contact au sol du DJ ($p = 0,524$ / augmentation moyenne : $20,54\% \pm 32,48$).

Conclusion

Les sprints répétés ont entraîné une diminution significative de la hauteur de saut du SJ et du DJ chez le jeune prépubère. Ces résultats confirment ceux de Philipp NM et al. (2023) (3). En effet, ces derniers avaient démontré une diminution significative de la hauteur de saut du DJ deux minutes après un protocole de sprints répétés chez des adultes. Bien que la littérature à ce sujet chez les jeunes prépubères se doive d'être plus approfondie, notre étude recommande d'adapter le contenu subséquent à un travail de vitesse.

Références

Reilly, Thomas, et al. « A multidisciplinary approach to talent identification in soccer ». *Journal of sports sciences* 18.9 (2000): 695-702.

Lloyd, Rhodri S., and Jon L. Oliver. « The youth physical development model: A new approach to long-term athletic development ». *Strength & Conditioning Journal* 34.3 (2012): 61-72.

Philipp, Nicolas M., et al. « Repeat sprint fatigue and altered neuromuscular performance in recreationally trained basketball players ». *PLoS One* 18.7 (2023): e0288736.

Explorer le mouvement : La ré appropriation du corps douloureux à travers la médiation aquatique

Anaëlle Rousseau¹ et Thaïs Mary-Bourgeois

¹ EMEIS ORPEA, Résidence Trocadéro Paris

Mots clés : *Médiation aquatique, balnéothérapie bassin, balnéothérapie baignoire, vécu corporel, ré appropriation du corps, Rééducation, Relaxation, Anxiété, Douleur*

« Un corps qui rencontre et touche, est un corps qui s'éprouve ». C. Potel

Les perturbations de l'image corporelle du sujet âgé peuvent être liées à la sévérité de la douleur ainsi qu'à la qualité de vie (Akkaya et al., 2012). Avec l'avancé en âge, les représentations du corps évoluent et s'enrichissent. C. Potel associe l'enveloppe corporelle comme d'une « trame sensorielle en mouvement et en rééquilibrage constant » (Potel et al., 2021). Le toucher, la peau se présente à l'interface entre le soi et le monde, nous permettant de réagir en rentrant en relation et en interaction. Le fonctionnement corporel est un facteur essentiel dans l'image corporelle à l'âge avancé. Ainsi l'activité physique permet de maintenir une image corporelle positive grâce à l'appréciation du fonctionnement corporel (Ricard et al., 2022).

La médiation aquatique renforce le sentiment d'être et permet de réinvestir le corps en améliorant l'estime de soi. Le suivi en balnéothérapie à la fois en baignoire et en piscine permet de retrouver une conscience corporelle propre, une unité psycho corporelle du sujet âgé permettant de se détacher d'un corps douloureux et « défaillant ». La médiation aquatique est à la fois rééducative et thérapeutique dont l'eau est un tiers permettant l'expérience, le réengagement corporel et la relation avec soi-même ainsi que dans le duo sujet-thérapeute.

- Médiation aquatique bassin : séance en groupe.

L'eau joue un rôle de facilitateur de mouvement. En effet, le poids du corps se trouve allégé amenant une modification des informations proprioceptives ainsi qu'une plus grande liberté de mouvement et d'action. L'eau amène une majoration de la confiance en soi et de la prise d'initiative motrice. Le sentiment de sécurité et la maîtrise du corps sont à nouveau retrouvés permettant une renarcissisation et un mieux-être.

- Médiation aquatique baignoire : séance en individuel invitant la relation dans une dualité à la fois proche et distante.

La balnéothérapie en baignoire est un espace plus restreint, plus contenant. Le bain permet de diminuer le vécu corporel douloureux ainsi que de l'état anxieux. En effet, l'environnement hypo stimulant facilite l'apaisement permettant un recentrage ainsi qu'un ré accordage. Le sujet immergé peut se retrouver en tête à tête avec lui-même. Cet accompagnement induit un vécu psycho corporel unifié, un sentiment de contenance et de sécurité interne.

La sensorialité est en éveil dans ce milieu, le vécu corporel est plus intense et plus riche grâce aux propriétés de l'eau. Des vignettes cliniques de M.T, 86 ans et Mme V, 80 ans, illustrant les différents apports de la médiation aquatique en bassin et en baignoire seront présentées. Différentes échelles quantitatives et qualitatives seront proposées afin de mettre en évidence l'impact de la médiation aquatique sur le vécu corporel.

De la Station Physiologique au jardin des Mousquetaires (1881-2022) Contribution à une histoire scientifique et sportive de l'Ouest parisien

Lionel Crognier

Université Bourgogne Europe, Inserm, CAPS UMR 1093, 21000 Dijon, France

Mots clés : Institut Marey, Histoire des stades, histoire des sciences

Les lieux-laboratoires dans lesquels Etienne-Jules Marey a mené ses recherches ont été constamment déplacés pour être finalement installés sur le site aujourd'hui occupé par le stade Roland-Garros. L'intérêt de Marey pour l'analyse des phénomènes de la vie dans le mouvement qui leur appartient proprement nécessite de grands espaces en plein-air ou à l'abri (Dibattista, 2005). Aussi, environ 3.5 hectares lui sont octroyés le 6 août 1881 au « Fonds des Princes » pour y créer la station physiologique, annexée au collège de France. Au printemps 1883, elle comprend le chalet, une piste circulaire de 500 m, une voie ferrée de 50 m avec une chambre noire roulante et un hangar pour les prises de vues chronophotographiques. Avec plusieurs assistants dont Georges Demeny jusqu'en 1894, Marey multiplie les études du mouvement humain et animal. À la fin de sa vie, internationalement renommé, le savant obtient l'édification, entre 1899 et 1903, au milieu de la piste, de l'Institut Marey. Ce bâtiment de trois étages est dédié au contrôle des instruments et à l'uniformisation des mesures physiologiques. Lorsque le 3 juin 1914, Raymond Poincaré inaugure un majestueux monument funéraire en hommage à Marey, il ne manque pas de « souhaiter à l'Institut Marey une longue prospérité ». Le Président de la République ne se doute pas, alors, que 5 courts de tennis dont un central de 10 000 places seront bâtis en 1928, à proximité de cet Institut, ni que ce dernier sera détruit en 1978, remplacé par un court ovale de 4500 places, en l'honneur à la piste circulaire de 1883.

Jusqu'à la seconde guerre mondiale, l'activité de l'Institut Marey décline, sa principale fonction étant la vente des brevets des appareils inscripteurs. S'ensuit un vigoureux renouveau, sous l'impulsion d'Alfred Fessard, un élève de Louis Lapicque et de Henri Piéron, qui introduit l'électro-encéphalographie dans les années 1934-36. Nommé directeur d'un centre CNRS de neurophysiologie, il l'installe à l'Institut qui devient, sous sa direction, une pépinière de jeunes chercheurs. À l'instar de Pierre Buser et de Jacques Paillard, ils essaient dans la France entière, contribuant à l'essor de la neurophysiologie (Barbara, 2007). À son apogée, en 1965-66, l'Institut compte 40 chercheurs, 16 postes d'électrophysiologie et 25 collaborateurs.

L'activité du pavillon Marey se réduit au milieu des années 1970. Il doit déménager à cause du succès de Roland-Garros, aussi parce qu'il n'est probablement plus adapté aux recherches conduites dans les neurosciences naissantes. On passe, en un siècle, d'un espace expérimental, quasiment en plein air, à un bâtiment-laboratoire qui devient obsolète au fil du temps, de la chronophotographie à l'électrophysiologie, de l'étude des gestes à celle du cerveau. Quant au stade Roland-Garros, il s'étend à présent sur 11.16 hectares de la Porte d'Auteuil à Boulogne. Lieu de mémoire, il est le temple du tennis français mais aussi un espace où s'est écrite une histoire scientifique majeure mêlant recherche fondamentale et appliquée.

Références

- Barbara, J.-G. (2007), « La neurophysiologie à la française : Alfred Fessard et le renouveau d'une discipline », *La revue pour l'Histoire du CNRS*, 19, 7-11.
- Dibattista, L. (2005). *L'Institut Marey : naissance et destin d'un rêve scientifique*. Vesalius, XI, 1, 4-10.

Étienne-Jules Marey et Georges Demenÿ
au prisme de leur correspondance
Pour une histoire intime et sensible des inventions

Patrick Clastres

Université de Lausanne, Faculté des sciences sociales et politiques, ISSUL/CRHIM

Mots clés : histoire, laboratoire, mandarinat et intimité, circulation technologique et savante, budgets et subventions, réseau gambettiste, égalité républicaine par le corps, culte de l'excès

L'interdisciplinarité est un art qui ne se pratique pas aussi facilement comme le prouve l'édition en 1999 des plus de 400 lettres adressées par Etienne-Jules Marey à Georges Demenÿ entre 1880 et 1894. En effet, les trois éditeurs, qui sont historiens du cinéma, n'ont pas sollicité d'historiens des sciences ni d'historiens de l'éducation physique. À n'en pas douter, c'est Christian Pociello qui a le mieux saisi et dévoilé la genèse de cette nouvelle science du mouvement au point de confluence d'une grande variété de sciences-mères et de paradigmes. La conférence absolument lumineuse et puissante qu'il a donnée dans le cadre du « projet Demenÿ » le prouve bien assez. Mais il n'a pu, semble-t-il, s'emparer pleinement de ces 400 lettres qu'il a découvertes tardivement.

Accompagné d'un très riche appareil de notes et d'un Index des noms, ce volume de 520 pages mérite bel et bien d'être appréhendé autrement que par des approches en silo qui séparent médecine et physiologie, physique et chimie, photographie et cinéma, gymnastique et éducation physique, voire aéronautique. De fait, ces manuscrits offrent la possibilité, rare, de retracer l'aventure collective, quotidienne et humaine, d'un des premiers laboratoires établis en France, et cela jusque dans les plus petits détails de la direction de travaux. Ils ouvrent également à bien d'autres enquêtes qui restent à mener sur la circulation transnationale des savoirs savants et techniques, sur la compétition pour l'innovation, sur les budgets et le coût des instruments de précision, sur les liens de dépendance de la science au politique, sur la vie quotidienne et intime des membres de l'équipe de recherche.

On y voit fonctionner, en actes et en consignes, ce qu'on appellerait aujourd'hui la direction de recherche avec sa répartition descendante des tâches depuis le savant Marey jusqu'au gardien Senand en passant par le préparateur Demenÿ, l'artisan mécanicien Otto Lund, des dessinateurs et des sculpteurs, ainsi que des sujets d'élite impliqués dans les expériences athlétiques. Chacun d'eux mériterait une enquête biographique poussée sans trop d'ailleurs les assigner à des fonctions bien définies : Marey dessine les améliorations à apporter aux instruments et les fabrique de ses mains, Demenÿ dépose des brevets, Lund est doublé d'un athlète d'élite, le gardien lui-même est requis pour améliorer le matériel.

L'étude du mandarinat exercé par Marey ne se limite pas, toutefois, à sa posture de domination scientifique au sein de la Station physiologique. Elle doit être élargie aux circuits d'approvisionnement en outillage de haute technologie, à la circulation des idées scientifiques produites par d'autres chercheurs français comme étrangers (y compris le vol d'idées), aux formes prises par la communication scientifique (orale et écrite avec l'accent mis sur la clarté du propos), aux controverses et à la dialectique amitié / inimitié entre savants, aux réseaux de soutien scientifique (Académie de médecine ou de sciences, ingénieurs comme Gustave Eiffel et même météorologues).

Ces lettres permettent en outre l'écriture d'une histoire intime et sensible (au sens émotionnel) du quotidien vécu par Marey et, dans une moindre mesure, par ses collaborateurs : budgets et contraintes financières, niveau de vie (randonnée sur l'Etna, parties de chasse, cures à Vichy et Évian, villégiatures à Étretat et en Côte d'Or où Marey possède un vignoble, peinture et sculpture, domesticité), hivernage à

Naples pour y observer le vol des raies manta, états de santé (cirrhose probable de Marey, état dépressif de Demeny), moralisme de classe par rapport à l'alcoolisme du gardien. La vie affective de Marey n'est pas commune (sorte de troupe avec Madame Vilbort et son mari), ni celle de Demeny qui se conclura par un mariage tardif avec sa bonne qui est analphabète. On pourrait aussi proposer une lecture de genre et de classe de la conception chez Marey des rôles masculins et féminins dans le couple et au travail.

Les subventions étant le nerf de la guerre, le circuit des soutiens politiques doit être mis à jour (ministères, préfecture, conseil municipal de Paris), ce qui nécessite l'étiquetage politique de Marey comme de Demeny. Ni l'un ni l'autre ne saurait d'ailleurs être réduit à une famille politique trop figée car la République, elle aussi, est en mouvements entre 1875 et 1914. Concernant Demeny, il faudrait pousser davantage du côté du milieu gambettiste, de l'Union des sociétés de gymnastique de France, de la Ligue de l'enseignement, et des milieux libres penseurs et francs-maçons. Un portait de groupe des enseignants qui suivent son cours d'éducation physique de la Ville de Paris serait capital pour comprendre la conjonction historique du « moment Dreyfus » et du « moment Demeny ».

L'isolement progressif de Demeny, dès lors que les modérés l'emportent sur les radicaux après 1913, s'éclairerait d'un jour nouveau, tout comme l'effacement de sa mémoire après son décès en 1917. Au-delà du seul cas Demeny, il manque encore aujourd'hui des synthèses panoptiques qui rendent compte à des instants T successifs du vaste champ concurrentiel des pratiques corporelles et des différentes méthodes d'éducation physique.

À l'évidence, la grille de lecture sociale et politique ne saurait suffire pour rendre compte des postures et des positions des inventeurs des méthodes d'éducation physique : une grille de lecture culturelle s'avère nécessaire qui n'interroge pas seulement les techniques mais aussi les affects mobilisés. Bien sûr, la « gymnastique rationnelle » de Demeny se veut positiviste au double sens de la Science et des Lumières : il s'agit de découvrir et de reproduire les gestes les plus efficaces et qui mobilisent le moins d'efforts afin de former un citoyen libre de ses mouvements et un travailleur utile à la société des égaux qui constitue la promesse républicaine. Dans ces années 1890-1910, la véritable frontière ne se situe pas entre gymnastes et sportifs, mais entre partisans de l'effort et de l'excès comme le sportsman Pierre de Coubertin, le gymnaste Ernest Callot ou l'acrobate Georges Strehly qui sont ses alliés et attendent leurs biographes, d'une part, et les défenseurs de l'effort modéré comme Demeny qui prône le mouvement « complet, continu et arrondi », d'autre part.

Quant à Marey, il paraît très pragmatique et laisse travailler Demeny sur la machine humaine à la condition que ce dernier lui rende les services attendus. C'est que les travaux de Demeny permettent aussi de faire progresser les instruments et la technologie mareysienne avec de possibles transferts vers la machine animale. C'est aussi un moyen de justifier les subventions en montrant que la Station physiologique permet de rendre les travailleurs et les militaires plus efficaces.

Références

Lefebvre, T., Malthête, J., Mannoni, L. (1999). Lettres d'Étienne-Jules Marey à Georges Demeny, 1880-1894, Paris, Association française de recherche sur l'histoire du cinéma Bibliothèque du film.

Pociello, C. (1999). La science en mouvements. Étienne Marey et Georges Demeny (1870-1920), Paris, PUF.

Pociello, C. (s. d.), « Sciences et éducation physique : une tentative de rationalisation scientifique de l'éducation physique à la fin du XIXe siècle », Université de Franche-Comté, Projet Demeny (Les Essentiels), <http://projet-demeny.univ-fcomte.fr/index.php?page=science1>

Hommage à Jacques Van Hoecke

Pr. Charalambos Papaxanthis

Université Bourgogne Europe, Inserm, CAPS UMR 1093, 21000 Dijon, France

Le colloque Marey est l'occasion de rendre un hommage au Pr. Jacques Van Hoecke, décédé en mai 2025, à l'âge de 75 ans.

Au plan national, dans une fonction de président de la 74ème section du CNU, « JVH » a eu un rôle majeur dans l'universitarisation de la filière STAPS et dans le développement de la recherche.

Au plan local, il a été directeur de l'UFR STAPS de Dijon de 1993 à 1999, créant l'antenne du Creusot en 1997. Directeur du GAM (groupe d'analyse du mouvement) de 1994 à 2002, il a largement contribué, avec ses collègues, à l'obtention du premier label Inserm du laboratoire en 2002, ainsi qu'à la création de l'actuel Institut Marey.

Hommage à Christian Pociello

Carine Erard

Université Bourgogne Europe, IREDU, UFR STAPS

Présidente de la Société de Sociologie du Sport de Langue Française

L'importance des contributions de Jules-Etienne Marey et de Georges Demeny n'avait pas échappé au socio-historien, Christian Pociello, qui s'est intéressé dans un ouvrage paru aux PUF en 1999, à La science en mouvements : Étienne Marey et Georges Demeny (1870-1920). En souvenir et en hommage à ce pionnier de la filière universitaire STAPS disparu le 16 juin 2024 (à 86 ans), nous retracerons brièvement le parcours de cet enseignant-chercheur formé et sensible aux exigences méthodologiques de Georges Canguilhem, dont la collaboration avec Pierre Bourdieu a permis de révolutionner le regard porté sur les activités physiques et sportives.

- 09h00-10h00 **Conférence plénière** Modérateur : Pr. Thierry Pozzo
Mouvement graphique mareysien et enluminures médiévales :
à l'interface de la science et de l'esthétique des corps animés (XIVe / XIXe s.)
Pr. Martine Clouzot

- 10h30-12h30 **Communications orales - Amphithéâtre Mieuxset** Modérateur : Lionel Crognier

L'œuvre de Marey au regard de la phénoménologie merleau-pontienne
Philippe Dedieu

Lettre de Clémence Royer (1830-1902) à Etienne-Jules Marey (1830-1904)
Marion Leuba

Marey, les graphes et le microscope du temps
Robert Nardone

Lire Marey autour de 1900 : appropriations, glissements et amalgames
Maria Tortajada

- 10h30-12h30 **Communications orales - Amphithéâtre Santona** Modératrice : Pr. France Mourey

L'exploration vestibulaire, une analyse de ce capteur du mouvement
aux multiples fréquences
Antoine Clouseau

Quand lire des sensations chatouille l'insula postérieure : évidence intracrânienne
*William Dupont, Vincent Dornier, Richard Palluel-Germain, Alexis Robin, Jean-Philippe Lachaux,
Philippe Kahane, Lorella Minotti, Juan R. Vidal, Marcela Perrone-Bertolotti*

Analyse automatique du mouvement : Applications en neuropédiatrie
François Jouen

Dyslexie et cognition incarnée
Patrick Quercia

- 14h00-15h00 **Conférence plénière** Modératrice : Pr. France Mourey
De la chronophotographie aux mondes virtuels :
l'héritage dynamique d'Etienne-Jules Marey dans les arts technologiques et le game art
Marie-Laure Desjardins

- 15h00-16h00 **Conférence plénière** Modérateur : Pr. Charalambos Papaxanthis
Nouveaux concepts pour comprendre la genèse et le contrôle du mouvement
par le cerveau: simplicité et vicariance
Pr. Alain Berthoz

- 16h00-16h30 **Présentation des posters** Modérateur : Christos Paizis

● 16h30-18h30

Communications orales - Amphithéâtre Miesusset

Modérateur : Lionel Crognier

Les « nègres » dans l'Album Marey 1928 de L'Institut d'Education Physique de la rue Lacrosette, Paris

Bernard Andrieu, Soraia Chung Saura et Ana Cristina Zimmermann

Jacques Piasenta, un héritier de J.-E. Marey au service de l'enseignement, de la formation et de l'entraînement en athlétisme ?

Un parcours, entre autodidaxie, innovation, culture technique et transmissions

Pierre Bavazzano et Anne Roger

Le demi-millier de technicoramas du DTN Gil de Kermadec de 1963 à 1992.

Les champions de tennis au prisme de la science et de l'art photographique

Lionel Crognier et Jean-Christophe Piffaut

● 16h30-18h30

Communications orales - Amphithéâtre Santona

Modérateur : William Dupont

Investigating continuous energetic exchange in pole vault to explore technical approaches

Johan Cassirame, Sidney Grosprêtre, Laurent Royer-Dangeville et Julien Frere

La plus-value de l'observation en Point-Light Display dans l'apprentissage d'un complexe d'haltérophilie pour des sportifs expérimentés

Charly Ferrier, Arnaud Decatoire, Yves Almecija, Christelle Bidet-Ildei et Yannick Blandin

Le pratiquant de parkour expert comme modèle de cognition incarnée

Sidney Grosprêtre

Influence d'un exosquelette passif de cheville sur la cinématique, la cinétique et le contrôle nerveux des muscles de la jambe lors de tâches d'équilibre

Raphaël Hamard

Mouvement graphique mareysien et enluminures médiévales : à l'interface de la science et de l'esthétique des corps animés (XIVe / XIXe s.)

Clouzot Martine

Pr. Histoire du Moyen Âge à l'Université Bourgogne Europe
UMR CNRS 6298 ARTEHIS

Co-animatrice de l'Axe 1 de la Maison des Sciences de l'Homme de Dijon : Identités,
langages, représentations - « La sensibilité au vivant »

Mettre en regard les arts visuels du passé et les sciences modernes est une expérience périlleuse tant l'éloignement est grand entre les cultures scientifiques, les conditions techniques, les documents et les objets (de recherche et matériels), les représentations esthétiques et les perceptions cognitives de la vie et du monde. Pourtant, l'expérience peut être tentée de confronter des images du Moyen Âge à certaines conceptions d'Etienne-Jules Marey sur le mouvement graphique face à des images du Moyen Âge. Car si le mouvement est central dans la physiologie et les arts techniques de Marey, il l'est également dans les sciences naturelles et les représentations médiévales du corps animé. La proposition est de l'explorer à travers des créatures hybrides et musiciennes qui ornent des manuscrits enluminés du XIVe siècle. Trois arguments peuvent justifier cette interface entre les modernités du passé et du présent.

Le premier argument concerne la captation du mouvement dans les enluminures et la photographie : saisir le mouvement dans les images fixes est une recherche commune aux médiévaux et à Marey. Il en découle un second argument qui porte sur le graphisme, à savoir le tracé, les courbes, les couleurs, les séquences et les rythmes représentant la mobilité des corps dans les enluminures. Enfin, par la méthode graphique, il est possible de faire des rapprochements avec certaines conceptions musicales du son qui concernent le mouvement et le temps. Pour Marey, en effet, le graphisme du mouvement est notamment conçu comme le « nombre en mouvement ». Or cette définition est celle de la musica médiévale héritée de saint Augustin et du théoricien de la musique, Boèce. Elle permet de relativiser le caractère innovant de certaines conceptions mareysiennes, notamment au niveau de l'articulation temporelle et formelle qu'il a recherché dans la photographie, alors que ce procédé graphique est courant dans les arts picturaux médiévaux.

Les rapprochements entre arts et sciences du Moyen Âge et la raison graphique de Marey présentes des limites évidentes qui inscrivent peut-être Marey à un moment de rupture entre les humanités anciennes et les sciences de son temps. Si les lettrés médiévaux ont autant exploré le mouvement, c'est certes pour l'analyser, mais pas à des fins quantitatives, pour ne prendre que cet exemple. A la différence de Marey qui a privilégié la quantification, les médiévaux se sont plutôt attachés à la qualité : héritée de la tradition gréco-latine, elle détermine la nature physique et morale des mouvements du corps et donc de l'âme et confère, selon eux, une puissance visuelle et cognitive (prédictive et pré-visuelle) et éthique à leur représentation. L'intérêt des médiévaux pour le mouvement, même s'il a des éléments de la physique aristotélicienne en commun avec Marey, est motivé par la volonté de structurer la société et de discipliner les corps au moyen de normes éthiques et philosophiques. Pour conclure, en dépit des différences majeures entre les médiévaux et Marey, on retiendra qu'ils ont en partage leur quête d'une esthétisation du corps en mouvement dans les images fixes artistiques et scientifiques de leur temps.

L'œuvre de Marey au regard de la phénoménologie merleau-pontienne

Philippe Dedieu

UFR STAPS - Université de Reims Champagne-Ardenne
Laboratoire PSMS (EA 7507)

Mots clés : Marey, Merleau-Ponty, Phénoménologie, Mouvement, Locomotion

Pour Marey et Merleau-Ponty, la compréhension et l'analyse du mouvement s'inscrivent dans une démarche imparfaite, soumise à la difficulté, pour l'un, d'approcher l'intime du mouvement et, pour l'autre, de percevoir sans distorsion la réalité de ce qui est donné à voir. Ils diffèrent alors par leurs approches et leur conviction dans la possibilité d'atteindre ces possibilités.

Par une image qu'il cherche à rendre plus précise, plus rapprochée de ce qui est à ses yeux et à sa compréhension, Marey tend à résumer le mouvement, sans le réduire à une trace, mais fait en sorte que cette trace soit l'expression la plus aboutie du mouvement tel qu'il le reçoit. Mais, la fidélité entre image perçue et image reçue par le média de recueil pose problème, au sens épistémologique. On retrouve le même souci chez Merleau-Ponty pour qui, l'homme, par son mouvement, exprime d'abord qu'il est en totalité. Celui qui l'observe ne perçoit, a minima, qu'un objet qui se meut dans l'espace et, a maxima, ce que sa propre perception lui renvoie de celui qui est en mouvement. Ce qui est perçu est directement identifiable - on pense ici aux éléments matériels - et indirectement identifiable - on pense ici à la perception subjective de déterminants non visibles du mouvement, émotions suscitées et renvoyées par l'être humain en mouvement -.

Quand Marey souligne que « l'observation seule ne fournit que des données incomplètes et fausses parfois » de l'analyse des mouvements « complexes de la locomotion », il considère que la méthode graphique doit permettre de pallier cet inconvénient (1). L'image ou le tracé donnent à voir le mouvement en train de se faire mais aussi rendent « visible(s) ce qui se tenait dans l'ombre » en traquant « l'imperceptible »^[2].

Cependant, Merleau-Ponty rajoute que si « (...) le corps exprime à chaque moment les modalités de l'existence, (...), il est habité par elle, il est d'une certaine manière ce qu'il signifie (...) »^[3]. Le corps est ainsi intrinsèquement porteur de sens (de significations) qui, non seulement traduisent qu'il est à l'instant mais aussi qu'il est en tant qu'objet visible en développement.

Les phénomènes observés recèlent en réalité beaucoup plus de d'informations qu'une « simple » équation ou une simple image rendant visible ce transfert. Il est, par sa nature actée (passage d'un appui sur l'autre), l'expression d'un échange entre l'individu et son espace extra-corporel.

Les outils mécaniques, les règles élémentaires de la physique et de la chimie ne suffisent pas à appréhender cette complexité. Elle oblige à sortir des repères de raisonnements usuels (mécaniques par exemple) pour être abordée par une dimension que l'on pourrait qualifier de métaphysique.

Ce travail propose une lecture et une forme d'échange entre les œuvres de Marey et de Merleau-Ponty en tant que philosophies du mouvement, bien plus proches par leur essence que ce qu'elles ne semblent l'être en apparence comme Merleau-Ponty peut sembler le souligner^[4]. Et si Marey, par son œuvre, proposait une ébauche d'une phénoménologie du mouvement ?

Références

- 1- E.-J. Marey, (1873/1993). La machine animale (p. 117).
- 2- Dagognet, F. (1987). Etienne-Jules Marey - La passion de la trace (p. 15).
- 3- Merleau-Ponty, M. (1942/1976). Phénoménologie de la perception (p. 199).
- 4- Merleau-Ponty, M. (1964). L'Œil et l'Esprit (p. 78).

Lettre de Clémence ROYER (1830-1902) à Etienne-Jules Marey (1830-1904)

Marion Leuba

Ex-conservatrice du Musée Marey de Beaune

Tout a commencé en 2014 par une découverte effectuée à l'occasion d'un récolement décennal dans les collections du Musée Marey de Beaune au sein de réserves. Le récolement décennal est une obligation régaliennne des Musées de France qui est précisée dans la loi modifiée du 4 janvier 2002 qui leur est consacrée.

Il s'agissait d'une lettre adressée le 5 juillet 1872 à Marey par une certaine Clémence Royer. Son nom m'était alors totalement inconnu. Composée de sept pages avec un dessin, cette lettre était quasiment la seule écrite par une femme à Marey parmi toute la correspondance inventoriée. Clémence Royer y est prolixe au sujet du vol des oiseaux et tout particulièrement de la nature des plumes.

Mais qui était donc cette Clémence Royer qui se permettait d'écrire à Marey, déjà reconnu pour avoir perfectionné la méthode graphique à des fins physiologiques ?

En glanant par-ci, par-là, j'ai trouvé un tableau d'un certain Théobald Chartran intitulé Leçon d'astronomie de François Arago à l'Observatoire peint en 1889 pour la Sorbonne de Paris. Ce peintre qui fut prix de Rome et peintre d'histoire académique comblé représente Clémence portant un petit chapeau rose, au milieu d'un parterre d'hommes venus écouter la leçon d'astronomie donnée par le célèbre astronome et physicien François Arago. Ce dernier étant décédé en 1853, Clémence Royer n'a pas plus d'une vingtaine d'années. L'œuvre fait partie d'une décoration monumentale de la Salle Péristyle de la Sorbonne peinte par l'artiste entre 1886 et 1889 comportant neuf panneaux, peints à l'huile sur toile marouflée. Ses dimensions totales sont H. 4,20 × L. 35,00. Elle ne passe à l'évidence pas inaperçue.

C'est en tant que philosophe, écrivaine et scientifique que Clémence Royer écrit à Marey. Depuis deux ans, elle est membre de la Société d'anthropologie de Paris. La première femme à y être admise en 1870. Dans de nombreuses communications, elle y défend avec vigueur et ténacité l'instruction des femmes et la philosophie populaire. Nourrie de notions liées à l'anthropologie, l'économie politique, les sciences naturelles, l'astronomie et la philosophie, c'est avant tout une autodidacte qui est devenue par ses lectures farouchement anticléricale et antimonarchiste.

En 1859, Darwin publie à Londres De l'origine des espèces par la voie de la sélection naturelle ou La préservation des races les meilleures dans la lutte pour la vie, plus couramment connu sous l'appellation L'Origine des espèces. Trois ans plus tard, en 1862, Clémence Royer traduit ce livre devenu célèbre qui sera réédité à peine quatre ans plus tard, en 1866. Ce morceau de bravoure – une femme qui ose vulgariser un écrivain jugé à l'époque sulfureux, du jamais vu - la propulse immédiatement dans le landerneau scientifique. L'étonnante préface de trente pages dans laquelle elle aborde l'eugénisme, écueil périlleux des théories de Darwin, la rend scandaleuse.

Quand Marey reçoit cette lettre écrite le 5 juillet 1872, il est professeur au Collège de France depuis 1869. Occupant la chaire d'histoire naturelle, il y enseigne l'histoire naturelle des corps organisés et travaille sur la notion de physiologie comparée. Par ailleurs, il vient d'être accepté comme membre à l'académie de médecine. Dès 1869, il s'intéresse au vol de l'insecte et fabrique un insecte artificiel. La même année, il mène une série d'expériences sur le vol des oiseaux à l'aide de la méthode graphique dont il communique les résultats à l'Académie des sciences. Il imagine et conçoit divers dispositifs dont un manège qui permet de simuler ce vol afin de déterminer le fondement du vol aérien. Pour que la buse puisse se sentir « en liberté », le manège est construit suivant un diamètre de 6 à 7 mètres. Les tracés graphiques obtenus par la méthode graphique qu'il perfectionne depuis 1859 vont lui donner la hauteur de l'aile à

chaque instant du vol et la vitesse à laquelle il s'effectue. Il étudie le travail accompli par l'oiseau, dont les ailes exploitent avantageusement la résistance opposée par l'air.

En 1873, Marey publie *La Machine animale*, qui est un traité de physiologie de la locomotion humaine et animale reprenant ses expériences antérieures. Il y écrit : Dans la troisième partie, le problème est abordé au point de vue mécanique. On y essaie d'évaluer les forces qui agissent sur l'oiseau pour le soutenir et pour le propulser dans l'air. Puis on étudie successivement une série de problèmes partiels et en particulier le coup d'aile proprement dit, la force qu'il exige, la résistance qu'il trouve dans l'air, les réactions qu'il imprime à la masse de l'oiseau. Pour Marey : L'anatomie comparée et la physiologie expérimentale doivent se prêter un mutuel secours, pour éclairer le mécanisme de la locomotion aérienne.

Clémence Royer donne dans sa lettre une explication postulant l'accumulation d'air sous pression sous l'aile de l'oiseau, comme productrice essentielle de la sustentation, en insistant sur le fait que celui-ci est comme prisonnier de la forme particulière des barbules. Selon elle, cet air sous pression dont le volume est considérable car accumulé resterait captif. Or cette théorie est réductrice. Elle néglige les contraintes propres au vivant en considérant que toutes les formes qu'elle observe contribuent principalement au seul but de voler. Peut-être l'espoir de voir dans la résolution du problème du vol un exemple ultime de l'efficacité des mécanismes de sélection naturelle l'entraîne-t-elle dans cette voie.

Ce faisant, elle construit de toute pièce une explication intuitive, aujourd'hui contredite par l'expérience. Il se trouve que les bases scientifiques de l'aérodynamique étaient alors récentes et en évolution dans leurs avancées théoriques. Elles manquaient encore des moyens expérimentaux mis en œuvre par Marey en 1899 dans ses chronophotographies de filaments de fumée en soufflerie.

Les explications mécanistes de Clémence Royer ayant comme référence le sol (vertical, horizontal) sont de plus maladroites pour l'aérodynamique pour laquelle la référence devrait plutôt être la masse d'air dans laquelle l'aérodyne se meut.

Nés la même année en 1830, et décédés à deux ans d'intervalle, la première en 1902, le second en 1904, Clémence Royer et Etienne-Jules Marey furent reconnus de leur vivant, mais oubliés rapidement ensuite.

La reconnaissance tout d'abord.

Elle se fait pour Marey dès 1867, où il est nommé suppléant du physiologiste Pierre Flourens au Collège de France, titulaire de la chaire « Histoire naturelle des corps organisés ».

1869 est une année très importante pour lui car il obtient sa titularisation au Collège de France au sein de la chaire d'Histoire naturelle des corps organisés à la suite du décès de Pierre Flourens. Il accède également au titre de directeur du laboratoire de physiologie expérimentale à l'Ecole des hautes études.

1872 voit son élection comme membre de l'Académie de médecine.

L'ouvrage *La Machine animale* qu'il publie en 1873 ne passe pas inaperçu, aussi bien en France dans le milieu scientifique qu'outre-Atlantique en Californie où il est lu dans une version anglaise par l'un des magnats des chemins de fer Leland Stanford. La suite est connue avec la collaboration de Stanford/Muybridge puis celle de Muybridge/Marey.

En 1878, il devient membre de l'Académie des sciences, prenant la suite du médecin physiologiste Claude Bernard. La suite se calque avec ses inventions chronophotographiques.

En 1884, il est nommé président de la Société française de navigation aérienne et en 1885 président de la Société française de physique.

A partir de 1888, il est sollicité par le ministère de la guerre pour réaliser une étude sous forme de diagnostic sur les facteurs provoquant la fatigue. Les dernières années le voient bien occupé par la réalisation de son Institut, son grand œuvre, mais aussi par ses participations dans le monde sportif. En 1887, il est nommé président d'une commission gouvernementale qui s'occupe de réviser les programmes relatifs à l'enseignement de la gymnastique. Il y figure

surtout en tant que caution, car il est membre de l'Institut. C'est Georges Demeny, son préparateur/régisseur qui y tient un rôle essentiel.

En 1894, Marey devient Président de la Société française de photographie. En 1895, il est nommé président de l'Académie des sciences pour une année. 1900 est une année très intense pour lui : il est nommé président de l'Académie de médecine et il est sollicité ainsi que son préparateur Demeny par une commission organisant un Congrès international de l'éducation physique.

Il est aussi le commissaire de l'exposition qui se tient au Trocadéro au musée centennal de la classe 12 photographie. Il y présente son travail réalisé à la Station physiologique avec Georges Demeny. Deux avant son décès, il est nommé en 1902 président de la société de biologie. Bref on l'a compris, au moment de sa disparition, Marey est une sommité dans le monde scientifique.

Clémence Royer quant à elle est bien reconnue de son vivant. La revue littéraire et satirique *Les Hommes d'aujourd'hui* lui consacre une monographie en 1882 avec, en page de couverture, un dessin d'Henri Demare la représentant entourée par les nombreux livres qu'elle a déjà publiés. Chaque numéro était une monographie qui paraissait entre deux à quatre fois par mois, sur une personnalité contemporaine des arts, des lettres, ou plus rarement du monde politique, du monde scientifique et technique ou de la religion. Le premier numéro fut consacré à Victor Hugo. Dans cette seconde moitié du 19^e siècle, parfaitement misogyne envers l'accession des femmes dans la vie publique, intellectuelle, politique, artistique... cette monographie consacrée à une femme est une véritable disruption.

Cette savante exceptionnelle devenue féministe se voit consacrée à la fin de sa vie. A la Sorbonne elle figure on l'a vu en bonne place, même si cette Sorbonne lui a refusé l'accès en tant que professeure car les femmes n'avaient pas le droit d'y enseigner. Des hommages lui sont rendus avec deux banquets républicains – dans l'un des deux est présent Raymond Poincaré - et elle reçoit même la Légion d'honneur en 1900 – une décoration exceptionnellement décernée aux femmes.

L'oubli en suite. Marey en sort lentement dans les années 1960, où il fait l'objet d'expositions et de publications. Sa reconnaissance et sa notoriété s'accroissent à partir de 1978 avec l'exposition historique qui lui est dédiée au Centre Pompidou tout nouvellement créé. Tandis que les travaux de Clémence Royer sont relevés par des chercheurs dans les années 1980. Un même credo pour la science et ses bienfaits les relie qui passe en particulier par un intérêt certain pour les théories de Darwin. Il n'est pas à démontrer chez Clémence Royer. Quant à Marey, il semble l'estimer. Dans *La Machine animale*, il écrit p.82 (1) : Les sciences naturelles ont reçu de nos jours une grande impulsion sous l'influence des idées de Darwin. Ce n'est pas que les opinions de l'illustre savant soient encore généralement acceptées ; on a vu récemment avec quel acharnement les défenseurs de la doctrine régnante repoussent l'hypothèse du transformisme. Mais l'apparition de la théorie darwinienne a soulevé de longs débats.

Dans la préface que Clémence Royer publie à l'occasion de sa traduction de *L'Origine des espèces*, elle écrit : Oui, je crois à la révélation, mais à une révélation permanente de l'homme à lui-même, et par lui-même, à une révélation rationnelle qui n'est que la résultante des progrès de la science, et de la conscience contemporaines, à une révélation toujours partielle et relative, qui s'effectue par l'acquisition de vérités nouvelles, et plus encore par l'élimination d'anciennes erreurs.

Notes

1 Marey Etienne-Jules. La Machine animale. Rééd. EPS 1993, p.82.

Bibliographie

Marey Etienne-Jules. 3 CRAS Gauthier-Villars, Paris : Des Mouvements que le corps de l'oiseau exécute pendant le vol. 14.11.1870 volume 71 no. 20, pp 660-663 ; Détermination des inclinaisons du plan de l'aile aux différents instants de la révolution. 26.2.1872 ; Sur le mécanisme du vol des oiseaux. Vers 1873 ;

Marey Etienne-Jules. La Machine animale. Locomotion terrestre et aérienne. Librairie Germer Baillière, Paris 1873 ; Le Vol des oiseaux. G. Masson, Paris 1890 ;

Frizot Michel. Les courbes du temps – L'image graphique et la sensation temporelle. In : Aux origines de l'abstraction. Paris, Musée d'Orsay 2003. Catalogue ;

Demars Aline. Clémence Royer l'intrépide – La plus savante des savants. L'Harmattan, Paris 2005 ;

Brunswig Martine. Elles écrivent ton nom Egalité. Une autre histoire de France depuis la Révolution – 225 pionnières audacieuses, inspirantes, souvent oubliées. Maïa, mars 2024 ; p.147, pp.157-159.

Marey, les graphes et le microscope du temps

Robert Nardone
HT2S-Cnam

Dans cette communication, je propose de développer en quoi Marey est non seulement dans l'air de son temps, mais qu'il en est l'un des acteurs les plus marquants. Il l'est par ses études sur la physiologie du travail, dans ce temps du travail posté où le temps contrôlé devient alors le maître de la majorité des activités humaines (Dequidt 2015). Il l'est par sa méthode graphique qui trouvera son apogée avec le développement de la chronophotographie ou, selon sa propre expression, le microscope du temps. Avec son fusil chronophotographique, qui associe en un seul et même instrument la mesure de l'espace et celle du temps, il marque fortement et durablement ce XIXe siècle. Il l'est parce que ses travaux scientifiques et techniques ont contribué aux radicales transformations qui ont façonné les sociétés françaises et internationales (Chauveau 2014). Par des instruments qui s'inscrivent dans ce contexte, dans cet air du temps, ce *Zeitgeist*, son rôle et son influence débordent dans plusieurs autres domaines de son temps : l'aérodynamique et la linguistique.

Pour appréhender le travail expérimental de Marey qui le place au centre des changements profonds de régime des productions scientifiques (Aubin 2006), il convient de rappeler brièvement la situation des recherches médicales dans ce XIXe siècle. Avec Claude Bernard, en France, et Carl Ludwig, en Allemagne, la physiologie devient expérimentale et se revendique comme telle (Bange 2010). Pour Marey qui répugne à la dissection, cela se traduit par la théorisation de la méthode graphique et par la création ou l'utilisation d'instruments de mesure graphique, aussi ingénieux les uns que les autres : sphygmographe, dromographe, cardiographe, odographe, chronographe, chronophotographe, etc.

Cette propension à la mesure et à la scientificité se décline aussi dans la mise en place par les États européens d'un système d'enquêtes et de gouvernance par la statistique (Fureix, Jarrige 2015) qui ne me semble pas sans rapport avec l'émergence du positivisme d'Auguste Comte. Marey évolue dans cet environnement où la quantification et l'analyse des données deviennent essentielles. Par son approche méthodologique et son souci de précision, en cherchant à établir des lois scientifiques à partir de données mesurables, il incarne ce positivisme auquel il adhère et qui est alors en plein essor (Teston 2010). Paraphrasant François Hartog, je dirai que la science est alors reconnue comme la mesure de toutes choses, et le système métrique [et la synchronisation des horloges] sont ses prophètes (Hartog 2020).

Marey se situe également à la croisée des chemins entre les sciences et les beaux-arts de ce XIXe siècle : l'émergence du mouvement impressionniste qui explore les variations de lumière et le passage du temps et la peinture du mouvement [le futurisme italien (1910) *Le nu descendant l'escalier* et *Le jeune homme triste dans un train* de Marcel Duchamp (1911)] qui lui est contemporain, résonne avec ses propres préoccupations (Frizot 1977, 2001).

Lire Marey autour de 1900 : appropriations, glissements et amalgames

Maria Tortajada

Université de Lausanne

Section d'histoire et esthétique du cinéma

Scientifique institutionnellement et internationalement reconnu, professeur au Collège de France, Membre de l'Institut, Etienne Jules Marey occupe une place de choix dans le monde scientifique à la fin du XIXe et au tournant du XXe siècles. Ses recherches sur le mouvement, de la méthode graphique à l'application chronophotographique, ont accompagné l'invention d'appareils qui ont permis notamment le développement de la cinématographie puis du cinéma. Sa manière de concevoir le mouvement se diffuse bien au-delà du champ scientifique de même que les images novatrices qu'il a produites dans la chronophotographie sur plaque fixe impactent la représentation du mouvement dans l'art au début du XXe siècle. Le travail de Marey est certes un des socles à partir duquel un Lucien Bull, un Charles François-Franck développent leur pensée et leurs pratiques. Mais le savoir qu'il constitue par ses travaux se diffuse hors du champ de la science, que ce soit autour des spectacles de projections liés à la lanterne magique à la fin du siècle ou que ce soit dans la conceptualisation philosophique d'un Henri Bergson au début du XXe. « Lire Marey » sera ici une manière d'envisager les appropriations opérées à partir de concepts, de méthodes ou d'objets techniques mareysiens pour les plier à des fins de démonstration ou d'explication qui échappent à l'usage scientifique. Il ne s'agira pas tant de cerner l'influence de Marey, qui est certaine, que de reconstituer les processus de « déformation » (Bachelard) en jeu imposés par différents discours et, à travers l'« épistémologie des dispositifs », de commencer à dessiner les migrations d'exemples et de modèles qui sous-tendent les usages des images et les manières de penser autour de 1900. Cette communication illustrera la démarche par quelques études de cas.

Références (sélection)

« Marey et la synthèse du mouvement », Ciné-dispositifs. Spectacles, cinéma, télévision, littérature, Lausanne, L'Âge d'homme, 2011, pp. 96-118.

« L'instant quelconque en question. Marey, Bergson et l'intervalle régulier », Des avant-dernières machines. Cinéma, techniques, histoire Benoît Turquety, Selim Krichane (dir.), Lausanne, L'âge d'homme, 2020, pp. 173-189

« La forme du mouvement. Marey ou la sculpture scientifique », Nouvelle Revue d'esthétique, 31, 2023/1, pp. 123-140. <https://shs.cairn.info/revue-nouvelle-revue-d-esthetique-2023-1-page-123?lang=fr&contenu=resume>

« Du corps et des appareils. Dispositifs mareysiens en mouvement », A bras le corps ! Savants et instruments au Collège de France au XIXe siècle, Jérôme Baudry, Jean Dalibard (dir.), Catalogue d'exposition, Paris, Collège de France, 2024, pp. 65-83.

L'exploration vestibulaire, une analyse de ce capteur du mouvement aux multiples fréquences

Antoine Clouseau
Praticien libéral

Mots clés : Vestibulaire, multifréquentiel, technologie

Parce que le mouvement dépend de plusieurs capteurs sensoriels, il paraît opportun de n'en oublier aucun de l'analyse de ce dernier. Et pourtant, que ce soit en clinique ou en recherche, il y en a un, pour autant qualifié d'organe de l'équilibre, qui n'est que trop rarement exploré, le labyrinthe postérieur. Les raisons sont confuses, allant de la surspécialité à la complexité de son enseignement, cet organe aussi fascinant que difficilement manipulable reste un mystère pour bon nombre de chercheurs et de praticiens. Il conviendrait donc d'apporter de la clarté quant au fonctionnement et à l'investigation de cette oreille interne.

En effet, bien que notre vue soit performante, un certain nombre d'outils de mesure est indispensable. Rappelons qu'elle comptabilise trois canaux semi-circulaires, un utricule et un saccule de chaque côté, ce qui porte à 10 le nombre de capteurs sensoriels à investiguer. Cependant, il ne faut pas oublier qu'à l'instar du capteur auditif, le vestibule est sensible à différentes fréquences d'utilisations. En effet, nous savons tous qu'il existe des sons graves, de basses fréquences, des sons aigus, de hautes fréquences, et des médiums, entre les deux. Et bien c'est identique pour le labyrinthe postérieur. Il est sensible à différentes fréquences d'utilisation, autrement dit à différentes vitesses de mouvement. Nous avons donc plusieurs fréquences à appliquer aux organes sensoriels et ainsi comptabiliser 40 données à rechercher pour tenter de comprendre le sens de la pathologie et à vérifier avant toute manipulation laborantine pour être certain d'attribuer la cause d'un défaut de contrôle de mouvement à autre chose que l'oreille interne.

Dans cette présentation, il y a aura un rappel historique de l'exploration vestibulaire allant de Prosper Ménière en passant par Barani et enfin le père de l'exploration vestibulaire moderne, Erik Ulmer. Il permettra de mieux comprendre les pièges de l'interprétation.

Ensuite nous apporterons des notions de physiques et de mathématiques pour éclaircir les concepts de l'exploration multifréquentielle du labyrinthe postérieur. Et enfin, nous expliquerons les intérêts et limites propres à chaque épreuve pour que le clinicien et chercheur puissent avoir une lecture critique des explorations vestibulaires et des publications disponibles.

Quand lire des sensations chatouille l'insula postérieure : Évidence intracrânienne

William Dupont¹, Vincent Dornier¹, Richard Palluel-Germain¹, Alexis Robin^{2,3,4}, Jean-Philippe Lachaux^{5,6}, Philippe Kahane^{2,3,4}, Lorella Minotti^{2,3,4}, Juan R. Vidal^{1,7}, Marcela Perrone-Bertolotti¹

¹ Univ. Grenoble Alpes, Univ. Savoie Mont Blanc, CNRS LPNC UMR5105, 38000 Grenoble, France Centre National de la Recherche Scientifique - CNRS

² University of Grenoble Alpes, Grenoble Institut Neurosciences, GIN, Grenoble, France

Institut National de la Santé et de la Recherche Médicale - INSERM

³ Inserm, Grenoble, France

Institut National de la Santé et de la Recherche Médicale - INSERM

⁴ CHU Grenoble Alpes, Pôle Tête et Cou, Grenoble, France

Institut National de la Santé et de la Recherche Médicale - INSERM

⁵ INSERM, U1028, CNRS, UMR5292, Lyon Neuroscience Research Center, Brain Dynamics and Cognition Team, DYCOG, Lyon, F-69000, France

Institut National de la Santé et de la Recherche Médicale - INSERM

⁶ University of Lyon, Lyon, France

Institut National de la Santé et de la Recherche Médicale - INSERM

⁷ UMRS 449, Université Catholique de Lyon, Ecole Pratique des Hautes Etudes, 69002, Lyon, France

Institut National de la Santé et de la Recherche Médicale - INSERM

Mots clés : *EEG intracrânien, cortex insulaire, langage, traitement sensorimoteur, cognition incarnée*

Comment, lors de la lecture, les mots et les phrases deviennent-ils des concepts ? Contrairement aux perspectives théoriques qui conçoivent le sens et les concepts comme symboliques et abstraits (Fodor, 1980), les approches incarnées suggèrent que l'accès sémantique repose sur des simulations mentales des expériences corporelles associées à la signification des mots (par exemple, simuler l'acte de courir en lisant le mot courir ou ressentir une douleur en lisant le mot brûler ; Barsalou, 2008; Bechtold et al., 2023). Si cette conception de la cognition sous-tend le traitement conceptuel, alors les cortex sensoriels et moteurs devraient jouer un rôle précoce dans la compréhension du langage.

Pour tester cette hypothèse, nous avons enregistré l'activité neuronale intracrânienne (activité haute fréquence, 50–150 Hz) chez des patients épileptiques pendant qu'ils lisaient de courtes phrases appartenant à différentes catégories sémantiques : (i) abstraite, (ii) action, et (iii) sensation. Nous avons émis l'hypothèse que la lecture de phrases évoquant des sensations (par exemple, il me brûle) impliquerait préférentiellement l'insula postérieure, une région clé du traitement des sensations affectives et douloureuses (Bastuji et al., 2016; Isnard et al., 2011; Kurth et al., 2010; Mazzola et al., 2019; Rachidi et al., 2021).

Nos résultats ont révélé une dissociation fonctionnelle précoce entre l'insula antérieure et postérieure : l'insula antérieure a montré une réponse non sélective à travers toutes les catégories sémantiques, tandis que l'insula postérieure a présenté une réponse sélective précoce (vers 170 ms) pour les phrases liées aux sensations. De plus, l'intensité de cette réponse neuronale sélective dans l'insula postérieure était corrélée à l'intensité de la douleur perçue subjectivement. Ces résultats apportent des preuves intracrâniennes directes suggérant que le langage est profondément enraciné dans les interactions entre le corps et l'environnement (pour preuve indirecte utilisant l'IRMf, voir Borelli et al., 2023; Gu and Han, 2007; Richter et al., 2010).

Références

- Barsalou, L.W., 2008. Annual Review of Psychology.
- Bastuji, H., Frot, M., Perchet, C., Magnin, M., Garcia-Larrea, L., 2016. Hum Brain Mapp.
- Bechtold, L., Cospers, S.H., Malyshevskaya, A., Montefinese, M., Morucci, P., Niccolai, V., Repetto, C., Zappa, A., Shtyrov, Y., 2023. Journal of Cognition.
- Borelli, E., Benuzzi, F., Ballotta, D., Bandieri, E., Luppi, M., Cacciari, C., Porro, C.A., Lui, F., 2023. Front. Neurosci.
- Fodor, J.A., 1980. The language of thought. 1st ed. Harvard University Press.
- Gu, X., Han, S., 2007. Behavioural Brain Research.
- Isnard, J., Magnin, M., Jung, J., Mauguière, F., Garcia-Larrea, L., 2011. PAIN.
- Kurth, F., Zilles, K., Fox, P.T., Laird, A.R., Eickhoff, S.B., 2010. Brain Struct Funct.
- Mazzola, L., Mauguière, F., Isnard, J., 2019. Revue neurologique.
- Rachidi, I., Minotti, L., Martin, G., Hoffmann, D., Bastin, J., David, O., Kahane, P., 2021. Brain Sciences.
- Richter, M., Eck, J., Straube, T., Miltner, W.H.R., Weiss, T., 2010. PAIN.

Analyse automatique du mouvement : Applications en neuropédiatrie

François Jouen

École pratique des hautes études (EPHE)

Université Paris sciences et lettres

4-14 Rue Ferrus, 75014 Paris - France

Mots clés : Analyse du mouvement, neuropédiatrie

Dans cette intervention, nous présenterons certains de nos travaux que nous menons dans le domaine de la neuropédiatrie dans l'unité R2P2. Cette approche fait appel aux développements récents de l'apprentissage profond (Deep Learning).

La surveillance sans contact des signaux physiologiques vitaux chez le nouveau-né Les nouveau-nés hospitalisés, notamment les prématurés, nécessitent une surveillance constante de leur activité cardiaque et respiratoire pour détecter rapidement toute anomalie pouvant entraîner de graves complications. Nous avons développé des outils non invasifs fondés sur la ballistocardiographie. Cette technique permet une mesure des forces de rappel du corps en réaction à l'éjection cardiaque de sang au niveau de la crosse aortique. On analyse le mouvement (les micro-vibrations de la cage thoracique liées à l'expulsion du sang dans la crosse aortique) grâce à un simple accéléromètre.

Détection du bas débit cardiaque par thermographie dans le proche infra-rouge Les cardiopathies congénitales représentent une malformation commune (environ 1% des naissances). Dans la majorité des chirurgies cardiaques, une circulation extracorporelle (CEC) est nécessaire pour opérer le cœur tout en maintenant une perfusion normale des organes. Le syndrome de bas débit cardiaque (SBDC) est la complication post-opératoire la plus fréquente dans les 6-24 heures après la chirurgie. Nous avons conçu un outil qui permet de quantifier, au moyen de la thermographie, les altérations de la microcirculation périphérique et de la perfusion.

Analyse automatique de la motricité spontanée

Depuis les travaux pionniers sur les mouvements globaux (GMs), la vision par ordinateur s'est largement développée et plusieurs équipes ont tenté d'analyser la motricité globale de façon automatique. Le grand problème des méthodes de classification est que les réseaux de neurones sont entraînés sur des vidéos d'adultes et sont peu adaptés au nourrisson. Nous avons développé différents algorithmes de traitement, de filtrage et de classification des images qui nous permettent d'obtenir des résultats satisfaisants chez le nourrisson normal et chez des bébés atteints de troubles neuromoteurs.

Le terme de spasme infantile est défini par la survenue d'épisodes épileptiques caractérisés par l'apparition de crises motrices très particulières, faites de contractions rapides et répétées en flexion ou en extension. Les spasmes sont brefs, durant chacun de 0,5 à 2 secondes. En utilisant la base de données vidéo-EEG de l'Hôpital Raymond Poincaré AP-HP nous avons mis au point un détecteur de spasmes automatisé fondé uniquement sur l'analyse de vidéos.

Nous avons pu mener une première étude clinique de patients atteints d'amyotrophie spinale et de patients contrôle. Cette étude a permis d'obtenir un taux de discrimination entre les deux patterns moteurs de plus de 95%, ce qui signifie que notre système d'analyse automatique du mouvement est capable d'identifier si la motricité enregistrée est celle d'un enfant atteint d'amyotrophie spinale ou celle d'un enfant présentant une motricité normale.

Dyslexie et cognition incarnée

Patrick Quercia

Université Bourgogne Europe, Inserm, CAPS UMR 1093, 21000 Dijon, France

Mots clés: dyslexie, proprioception, contrôle sensorimoteur, intégration multisensorielle, labilité spatiale

L'approche cognitiviste de la dyslexie attribue cette difficulté durable de l'apprentissage de la lecture à un trouble neurodéveloppemental d'origine génétique altérant la conscience phonologique (aptitude à percevoir et manipuler les sons).

La prise en compte des relations entre cognition, action et plasticité sensorimotrice permet de développer une conception différente à partir de plusieurs résultats :

(1) Les enfants dyslexiques présentent des déficits proprioceptifs généralisés, notamment au niveau du coude et de la hanche, corrélés à leurs performances en lecture et leurs capacités phonologiques. Leur instabilité posturale accrue, exacerbée sous charge cognitive, est associée à une dépendance visuelle et une altération de l'intégration proprioceptive. Cependant, un protocole combinant prismes, semelles et exercices posturaux améliore durablement leur stabilité et leurs capacités attentionnelles.

(2) Une altération de la fonction diaphragmatique secondaire à leur posture particulière entraîne des troubles du sommeil (SARVAS) affectant la neurogenèse dans la petite enfance et la plasticité cérébrale pendant toute la vie, pouvant expliquer le cerveau « singulier » des enfants dyslexiques visible en IRMf. Une prise en charge proprioceptive améliore la qualité du sommeil, la flexibilité attentionnelle et les performances en lecture, soulignant l'interconnexion entre respiration, sommeil paradoxal et consolidation des apprentissages.

(3) L'imagerie motrice est altérée chez les adolescents dyslexiques. Cette altération est corrélée aux difficultés phonologiques.

(4) Un biais spatial droit et une sous-représentation de l'espace gauche distinguent les enfants dyslexiques des enfants normolecteurs.

(5) La présence constante d'une hétérophorie verticale labile suggère un déséquilibre des muscles obliques modulable par des stimulations proprioceptives calibrées dont le protocole de prescription est bien validé. L'analyse des mouvements de l'iris révèle un décalage entre localisation spatiale subjective et objective, indiquant un dysfonctionnement central de la localisation spatiale visuelle dont on sait qu'elle dépend des informations proprioceptives oculaires ou générales.

(6) L'intégration multisensorielle est fortement perturbée, avec des pertes transitoires de perception visuelle sous stimulation auditive ou proprioceptive.

L'ensemble des résultats suggèrent que la dyslexie dépasse le déficit phonologique et implique un trouble proprioceptif global influençant éveil et sommeil, altérant la neurogenèse et la plasticité cérébrale. La dyslexie apparaît ainsi comme un symptôme parmi d'autres troubles sensorimoteurs et cognitifs. Un questionnaire diagnostique basé sur les troubles posturaux, spatiaux et perceptifs le jour et sur la qualité du sommeil a été mis au point, offrant un outil de détection précoce efficace. Une étude contrôlée a confirmé l'efficacité d'une intervention proprioceptive sur la lecture et les mouvements oculaires et le sommeil.

Cette approche appelle à une redéfinition de la dyslexie et à une réévaluation des méthodes diagnostiques et thérapeutiques, intégrant la sensorimotricité et particulièrement la proprioception pour une meilleure compréhension et une prise en charge optimale.

De la chronophotographie aux mondes virtuels : l'héritage dynamique d'Etienne-Jules Marey dans les arts technologiques et le game art

Marie-Laure Desjardins

Médiation, Information, Communication, Art (MICA) - Membre associée MICA
UR 4426 Axe ATIIA - 10 esplanade des Antilles, 33607 Pessac cedex, France
ArtsHebdoMédias

<https://www.artshebdomedias.com>

Mots-Clés : Arts technologiques, game art

Introduction

On ne comprend pas vraiment le mouvement si l'on s'en tient à ce que l'œil perçoit. Le mouvement, par nature, échappe : il traverse, relie, transforme. Il n'est ni dans l'instant, ni dans l'image, mais dans la durée vécue. Dès lors, comment le rendre visible ? Comment en construire une forme, une mémoire, une expérience partagée ? À cette question, le physiologiste Étienne-Jules Marey a répondu par l'invention de dispositifs d'enregistrement et de visualisation, qui font de lui une figure centrale, à la croisée de la science, de la technique et, déjà, d'une certaine sensibilité plastique. En inventant la chronophotographie, Marey ne se contente pas de décomposer le mouvement : il compose une écriture du temps, une manière inédite de figurer ce qui, jusqu'alors, se dérobaient.

Si j'ai été particulièrement heureuse de prendre la parole à l'UFR STAPS de l'Université de Bourgogne Europe, dans ce lieu où la science du mouvement est étudiée, le mouvement expérimenté, mesuré, pensé dans toute sa complexité, je n'oublie pas que l'art, c'est l'art et que la science, c'est la science. Je n'essaierai donc pas de transformer Étienne-Jules Marey en un artiste avant-gardiste mais je tenterai de mettre en lumière des proximités méthodologiques ou plastiques, entre ses travaux et trouvailles et un certain nombre d'œuvres actuelles.

En d'autres termes, je me suis posée la question de la postérité de ses intuitions, réalisations et inventions dans les arts technologiques d'aujourd'hui, incluant le game art, soit des formes artistiques souvent interactives et immersives inspirées par les mécanismes et l'esthétique des jeux vidéo. Le parcours proposé n'a donc pas pour but de statuer sur une continuité historique, mais de faire apparaître un champ de tensions fécondes, entre mesure et fiction, objectivité et perception, fonction scientifique et puissance formelle.

I Capter le mouvement

Il est évident qu'Étienne-Jules Marey n'a jamais prétendu faire œuvre d'art. Physiologiste, inventeur, ingénieur, photographe, il s'intéresse au vivant par le prisme du mouvement. Ce qu'il cherche, ce n'est pas tant la beauté d'un geste que sa dynamique interne, son découpage, son rythme, sa logique. Pour cela, il construit des machines, instruments d'enregistrement, de captation, de visualisation. Son graphisme n'est pas celui d'un dessinateur mais celui d'un sismographe. Il cherche à rendre visible l'invisible, à traduire en formes ce qui se passe dans le temps. C'est le temps lui-même, comme milieu du vivant, qu'il s'efforce de fixer.

Or, cette volonté de saisir l'insaisissable, cette tension entre visibilité et durée, trouve de singuliers échos dans certaines démarches artistiques contemporaines. Non pas dans une filiation directe, mais dans une sorte d'héritage reconfiguré par des artistes qui, à leur tour, interrogent les conditions de perception du mouvement et usent de

dispositifs qui la rendent opérante. Comme Marey, ils fabriquent ou détournent des machines. Comme lui, ils utilisent la technologie pour intensifier l'attention. Mais à l'inverse de Marey, leur finalité n'est pas l'objectivité d'un savoir, mais l'exaspération d'une expérience. Là où Marey décompose, ils composent. Là où Marey cherche des lois, ils suscitent des formes ouvertes comme si bien théorisées par Umberto Eco. Et pourtant, leurs gestes se frôlent, oserais-je dire.

1. Dessiner avec les yeux : Michel Paysant
2. Écouter les battements du monde : Rafael Lozano-Hemmer
3. Rejouer les gestes techniques : Julien Prévieux

II Recomposer le vivant

Étienne-Jules Marey ne s'est pas contenté de capter le mouvement ; il a aussi tenté de le modéliser, de le synthétiser, de le rejouer mécaniquement. Son intérêt pour les dispositifs de reproduction du mouvement témoigne d'un désir de comprendre le vivant à travers sa reproduction dynamique. Il ne s'agissait pas seulement de fixer un geste, mais de reconstruire son déroulement, de l'animer artificiellement pour mieux en saisir les lois.

Ce passage de la captation à la recomposition ouvre une autre voie, celle que certains artistes contemporains explorent non pour expliquer le vivant, mais pour en rejouer l'illusion, en convoquant machines, algorithmes ou matériaux instables. Là où Marey cherche à modéliser le vivant pour en produire une connaissance, ces artistes cherchent à en rejouer l'étrangeté, à le faire apparaître là où on ne l'attend pas, sous des formes qui déstabilisent nos catégories de l'animé et de l'inanimé.

1. Le brouillard de Fujiko Nakaya
2. Le jardin algorithmique de Miguel Chevalier
3. L'entité numérique de Ian Cheng

III Augmenter la perception

L'une des ambitions centrales d'Étienne-Jules Marey était de rendre perceptible ce qui ne l'est pas à l'œil nu. Qu'il s'agisse de comprendre un battement d'ailes, la propagation d'un souffle, ou la marche d'un individu, Marey ne cesse d'augmenter artificiellement les capacités sensorielles, notamment visuelles, par ses découvertes. Il ralentit, décompose, superpose. Il invente des dispositifs optiques qui fonctionnent comme des leviers de perception, pour étendre la sensibilité humaine à des phénomènes qui la dépassent. Cette volonté d'augmenter la perception à l'aide d'un appareillage technologique trouve des prolongements chez les artistes contemporains dont la visée n'est pas explicative mais expérientielle.

1. Traverser la pluie sans être mouillé avec rAndom International
2. L'ombre comme phénomène instable avec Olafur Eliasson
3. Voir avec la machine selon Refik Anadol

IV Faire évoluer la narration

Étienne-Jules Marey ne raconte pas d'histoires, du moins pas au sens littéraire ou fictionnel. Et pourtant, ses dispositifs tracent des séquences, des enchaînements, des temporalités visibles. En fixant le mouvement sous forme de séries photographiques, il introduit une grammaire du temps : avant/après, continuité/rupture, vitesse/lenteur. La chronophotographie, en ce sens, est une écriture du temps par le corps, où le geste devient syntaxe.

Certaines démarches artistiques contemporaines prolongent cette logique, non pour observer le réel, mais pour fabriquer des narrations nouvelles, souvent immersives, interactives et/ou non linéaires. À la captation scientifique du mouvement, succède une mise en récit sensible du devenir, où l'identité, la mémoire et la présence sont reconfigurées par des dispositifs techniques détournés de leur finalité initiale. Là où Marey construit des objets de savoir, ces artistes construisent des environnements de fiction. Mais dans les deux cas, il s'agit de donner forme au temps vécu.

1. L'identité en boucle de Lu Yang
2. La narration immersive de Lauren Moffatt
3. Mémoire artificielle et présence avec Pierre Zandrowicz

Conclusion

Chercher à figurer ce qui échappe à la perception directe n'est pas un enjeu nouveau. Il traverse l'histoire de l'art comme une tension constante : comment représenter ce qui fuit, ce qui dure, ce qui se transforme avant même d'être vu ? Les artistes d'hier comme ceux d'aujourd'hui ont poursuivi cette quête, mais les moyens à leur disposition ont profondément évolué, modifiant non seulement ce que l'on peut montrer, mais ce que l'on peut éprouver.

Il faut se souvenir que les premiers gestes de représentation du mouvement ont été soumis à une relation dynamique à la lumière : ce sont les flammes des torches, vacillantes et imprévisibles, qui animaient les corps dessinés sur les parois des cavernes. Le mouvement n'était pas figuré : il était provoqué par l'instabilité même du monde environnant. Depuis, les techniques n'ont cessé de transformer cette relation entre image et durée, entre figure et flux. Le XIX^e siècle, avec Marey, marque un tournant décisif : le mouvement devient mesurable, visible, reproductible. Mais surtout, il devient pensable, non plus comme une incidence du corps, mais comme une forme en soi.

C'est à ce point de contact entre objectivité et perception, entre mesure et sensation, qu'émerge ce que Paul Souriau, dès 1889, appelait « l'esthétique du mouvement ». Pour lui, le mouvement n'est pas beau parce qu'il est régulier ou harmonieux, mais écrit-il : « par l'élan qu'il suppose, la direction qu'il prend, la puissance qu'il manifeste ». Le beau naît ici d'une mise en tension du visible et du sensible, d'une perception du temps à l'œuvre dans la forme.

Peut-être est-ce là, finalement, l'enjeu le plus profond de ces pratiques artistiques contemporaines qui évoquent Marey sans le reproduire : restituer au mouvement sa part d'indétermination, d'émotion, de beauté. Non pas une beauté formelle, mais une beauté relationnelle, située dans l'expérience, dans cette sensation d'un temps qui se déploie, d'un corps qui se transforme, d'un monde qui devient.

Ce n'est plus l'image qui raconte une histoire, c'est le mouvement lui-même qui devient porteur d'un récit sensible, d'une mémoire sans mots, d'un savoir incarné. Et c'est peut-être là que la science et l'art, pour un instant, pour un instant seulement, se rejoignent : dans leur capacité commune à faire sentir le réel autrement, à ouvrir un espace où le beau n'est plus ce qui se donne à voir, mais ce qui se laisse traverser.

Bibliographie

Paul Souriau, L'Esthétique du mouvement, Paris, Félix Alcan, 1889.

Henri Bergson, Matière et mémoire, Paris, PUF, 2012 (1896).

Maurice Merleau-Ponty, Le Visible et l'Invisible, Paris, Gallimard, 1964 (publication posthume).

Paul Ricœur, Temps et récit, vol. I-III, Paris, Seuil, 1983-1985.

Antonio R. Damasio, Le Sentiment même de soi : corps émotions, conscience, Paris, Odile Jacob, 2002 (The Feeling of What Happens: Body and Emotion in the Making of Consciousness, 1999).

Gilbert Simondon, Du mode d'existence des objets techniques, Paris, Aubier, 2012 (1958).

Donna Haraway, Manifeste cyborg et autres essais, Paris, Exils, 2007 (A Cyborg Manifesto, 1985).

Umberto Eco, L'œuvre ouverte, Paris, Seuil, 1979 (1962).

Antonin Artaud, Pour en finir avec le jugement de Dieu, in Œuvres complètes, t. XIII, Paris, Gallimard, 1974 (1947).

Gilles Deleuze et Félix Guattari, Mille Plateaux, Paris, Les Éditions de Minuit, 1980.

Retrouver les artistes et les œuvres

Michel Paysant : <https://www.michelpaysant.fr>

Rafael Lozano-Hemmer : <https://www.lozano-hemmer.com>

Julien Prévieux : <https://www.previeux.net/index.html>

Fujiko Nakaya : <https://processart.jp/nakaya/e/index.html>

Miguel Chevalier : <https://www.miguel-chevalier.com>

Ian Cheng : <https://iancheng.com>

rAndom International : <https://www.random-international.com/work>

Olafur Eliasson : <https://olafureliasson.net>

Refik Anadol : <https://refikanadol.com>

Lu Yang : <http://luyang.asia>

Lauren Moffatt : <https://deptique.net>

Pierre Zandrowicz : <https://www.zandrowicz.com>

Nouveaux concepts pour comprendre la genèse et le contrôle du mouvement par le cerveau : simplicité et vicariance

Alain Berthoz

Professeur Honoraire au Collège de France

Membre de l'Académie des Sciences et de l'Académie des Technologies

Depuis l'œuvre de Jules-Etienne Marey, et de son collaborateur Georges Demenÿ, des avancées considérables ont complètement renouvelé leur approche des bases neurales du mouvement (1). On peut distinguer plusieurs domaines majeurs. D'abord Marey, dans son œuvre remarquable sur la cinématique du mouvement, n'a pas proposé de théorie générale de la genèse sensori-motrice comme, le fit, par exemple, au début du 20^{ème} siècle, Nikolai Bernstein. Ce physiologiste russe, employa aussi une technique de mesure cinématographique, mais formula une véritable théorie du contrôle cérébral du mouvement.

Depuis lors, les progrès de la neurophysiologie, comme nos travaux sur le système oculomoteur, les théories inspirées par le contrôle de systèmes asservis et les modèles mathématiques, la biomécanique, ont permis d'élaborer un grand nombre de propositions nouvelles basées, par exemple, sur les découvertes des lois du mouvement naturel, les géométries non euclidiennes que nous étudions avec Tamar Flash et Daniel Bennequin, ainsi que les principes, que j'ai appelé « simplexes » (2) qui sous-tendent la production et le contrôle de nos mouvements. Des progrès considérables ont été faits sur le rôle des systèmes sensoriels et leur interaction (auxquels Marey ne s'était pas intéressé). Par exemple, j'ai mis en évidence, comme l'avait pressenti Jacques Paillard et certains chercheurs Japonais, le contrôle hiérarchisé, à partir de la tête, de la coordination des membres, et le rôle du système visuo-vestibulaire et du regard que nous avons documenté avec Thierry Pozzo.

L'analyse quantitative des pathologies neurologiques a alimenté ces théories et permis de mieux comprendre l'origine des déficits des gestes, et de la marche, et de proposer des paradigmes qui sont utiles à la fois pour le diagnostic et la rééducation. La découverte de la localisation dans le cortex temporo-pariétal (pressentie par Wilder Penfield, les neurologues de la Salpêtrière et l'école de Victor Gurfinkel à Moscou) d'un double du corps physique (le « schéma corporel ») ouvre une perspective complètement nouvelle sur la compréhension du contrôle cérébral du mouvement.

De plus, la grande flexibilité fonctionnelle du cerveau permet de remplacer un système déficient par un autre. C'est ce que j'ai appelé « La vicariance » (3). Elle a été merveilleusement documentée par les progrès de l'imagerie cérébrale, dans l'analyse des stratégies cognitives de navigation spatiale (égocentrées, allocentrées, hétérocentrées etc.), et même les enregistrements de neurones dans le cerveau humain, qui ont donné à ces théories une base biologique solide. En outre, la prise en compte de l'émotion a enrichi le cadre de la compréhension du rôle du mouvement (4) et de sa pathologie.

Enfin, on a compris que l'inhibition, et la désinhibition, jouent un rôle fondamental dans la production des mouvements, et la vicariance fonctionnelle (5), et on a identifié la diversité des mécanismes de régulations inhibitrices qui sont impliqués à tous les niveaux, depuis les plus « sensori-moteurs, jusqu'au plus cognitifs et permettent aux enfants et aux personnes en situation de handicap, de trouver des solutions de substitution à leur déficits y compris dans des épreuves sportives de haut niveau (6).

Je donnerai dans cet exposé seulement quelques exemples de ces avancées. Elles n'enlèvent rien au caractère pionnier de l'œuvre de Marey, mais elles la placent dans une perspective historique, et nous montrent le long chemin qui reste à parcourir pour comprendre la merveilleuse capacité de se mouvoir pour réaliser nos buts, satisfaire nos désirs et assurer nos relations avec autrui et le monde (7).

Références

- (1) - Berthoz, A. Le sens du mouvement. Odile Jacob.1997.
- (2) - Berthoz, A. La simplicité. Odile Jacob. 2009.
- (3) - Berthoz, A. La vicariance. Odile Jacob. 2013.
- (4) - Berthoz, A. La décision. Odile Jacob.2003.
- (5) - Berthoz, A. L'inhibition créatrice. Odile Jacob. 2020.
- (6) - Berthoz, A. Champion le cerveau ! Amphora 2024.
- (7) - Berthoz, A. et Petit J.-L. Phénoménologie et Physiologie de l'Action. Odile Jacob. 2006.

Les « nègres » dans l'Album Marey 1928 de L'Institut d'Éducation Physique de la rue Lacretelle, Paris

Bernard Andrieu¹, Soraia Chung Saura² et Ana Cristina Zimmermann²

¹ Institut des Sciences du Sport-Santé de Paris
Université Paris Cité

² Universidade de São Paulo. Escola de Educação Física e Esporte

Mots clés : Album Marey, « Nègres », Exposition coloniale, Mouvement, Race

La bibliothèque de l'UFR Staps de l'Université de Paris conserve en plus de 4 panneaux pédagogiques dans le fonds ancien des ouvrages déposés depuis 1928 date de la création de l'Institut d'Éducation Physique (IREP), un « Album des premiers films de Marey enregistrant les mouvements de l'homme et des animaux », se présentant sous la forme de chronophotographies.

Ces dernières dateraient de 1893/1894 ; elles étaient conservées à l'Institut Marey qui en a ensuite fait don aux différents Instituts d'éducation physique, dont celui de Paris créé en 1928 et dirigé par Chailley-Bert, afin que ces planches puissent être utilisées comme ouvrage pédagogique.

Mais, sur 52 chronophotographies, 26 représentent des personnes dites « nègres sans doute issus des 44 « nègres » qui apparaissent dans les films remis à la Cinémathèque par Lucien Bull lors de la fermeture de l'Institut Marey.

Les photographies de l'Album Lacretelle sont toutes extraites des films réalisés soit par Marey et Demenÿ, soit par Marey et Comte (notamment pour les chiens), soit par Regnault, Comte et Marey pour celles des hommes dits « nègres »

Nous présenterons l'Album, son contexte de production et son originalité dans l'histoire de la chronophotographie de Marey.

L'album est publié en ligne en Open Edition en collaboration avec les historiens de Marey à l'Université de Sao Paulo

<https://www.livrosabertos.abcd.usp.br/portaldelivrosUSP/catalog/book/1228>

Jacques Piasenta, un héritier de J.-E. Marey au service de l'enseignement, de la formation et de l'entraînement en athlétisme ? Un parcours, entre autodidaxie, innovation, culture technique et transmissions

Pierre Bavazzano¹, Anne Roger²

¹ Université Savoie Mont Blanc (USMB)
STAPS Savoie Mont Blanc

Campus Scientifique - Technolac - 73370 LE BOURGET DU LAC - France

² Laboratoire sur les Vulnérabilités et l'Innovation dans le Sport (EA 7428)
Université Claude Bernard Lyon 1

Mots clés : kinogrammes, entraînement, formation, athlétisme

J. Piasenta, connu comme étant un entraîneur ayant contribué à de nombreux titres nationaux et internationaux avec notamment le titre olympique de Marie-Josée Percec en 1992 à Barcelone, a utilisé l'image fixe et animée dans le cadre de ses différentes fonctions. On peut qualifier son parcours comme relevant de réflexions et d'analyse centrées sur la formation de jeunes athlètes, l'entraînement d'athlètes de haut niveau mais aussi d'élaboration de contenus pour les enseignants et les entraîneurs.

Un parcours athlétique très tôt orienté vers l'analyse de la technique à l'aide de kinogrammes

Dès 1976, alors que J. Piasenta a 24 ans, publie un article dans la revue EPS visant à analyser la technique de Guy Drut juste avant les JO de Montréal. Afin de capter ce que l'œil nu n'est pas en mesure de voir ou de décrypter, l'article en question est probablement le début d'une réflexion concernant l'utilisation des analyses filmiques afin d'observer les aspects techniques et biomécaniques, en faire une utilisation chronométrique (temps par intervalle par exemple) ainsi qu'une schématisation d'actions techniques que l'on retrouvera dans des publications ultérieures.

L'athlétisme des jeunes et la formations des enseignants d'EPS

Au début des années 1980, J. Piasenta occupe un poste de directeur-adjoint au sein de l'Union Nationale du Sport Scolaire. Il propose une refonte des compétitions au sein de cette fédération scolaire, prolongement de l'EPS dont l'animation est confiée aux professeur.e-s. Cette période permet à J. Piasenta de développer des supports à des fins de formation par l'analyse des techniques athlétiques. Ces kinogrammes évoluent de représentations d'athlètes de haut niveau vers des illustrations de la motricité d'élèves.

Entraînement de haute performance et formation des entraîneurs par l'utilisation des images

Au regard de ces différentes activités professionnelles et bénévoles, J. Piasenta mettra en relation de façon permanente son activité d'entraîneur sur le terrain avec l'utilisation d'images. Les formats utilisés sont de différentes natures : analyse de techniques et dynamiques d'actions motrices avec des kinogrammes, films retraçant des grandes compétitions, articles s'appuyant des images afin de produire des données cinématiques.

La transmission auprès des cadres techniques et des entraîneurs

Dans la continuité des activités audio-visuelles, la FFA poursuit la structuration du service en charge des ressources numériques. Sous l'impulsion de Gilles Follereau notamment, des ressources numériques sont produites (CD-Rom, DVD, plate-forme de formation) afin de faciliter la formation des éducateurs et des entraîneurs.

De nombreux kinogrammes sont toujours présents dans ces ressources et contribuent ainsi à une meilleure connaissance de la motricité athlétique. Il s'agit aussi probablement de s'inscrire dans une dimension plus moderne de transmission des savoirs.

Entraîner et former, le fil rouge d'un engagement

On peut observer que le parcours de J. Piasenta est marqué par l'utilisation du cinéma et de ses différentes formes (kinogrammes, images animées, schématisation, scénarisation, etc.) dans le but d'une vulgarisation du mouvement au service des entraîneurs et des enseignants. On retrouve ici une forme d'héritage des penseurs J.-E. Marey et G. Demeny.

Le demi-millier de technicoramas du DTN Gil de Kermadec de 1963 à 1992

Les champions de tennis au prisme de la science et de l'art photographique

Lionel Crognier¹ et Jean-Christophe Piffaut²

¹ Université Bourgogne Europe, Inserm, CAPS UMR 1093, 21000 Dijon, France

² Créateur et premier directeur du musée du tennis de Roland-Garros

Journaliste, photographe, réalisateur, ancien joueur classé n°3 français, premier Directeur Technique National (DTN) de la Fédération française de tennis (FFT) de 1963 à 1976, Gil de Kermadec (1922-2011) a filmé et analysé le tennis national et international durant ½ siècle. L'objet de cette intervention est d'étudier le contenu des séquences gestuelles publiées dans la revue Tennis de France nommées Kinogrammes et les influences artistiques et scientifiques qui les supportent.

Gil de Kermadec, un enfant de la balle inspiré par Marey

Fils d'Eugène-Nestor, peintre abstrait et néanmoins arbitre des finales de Roland-Garros durant près de 30 ans, Gil de Kermadec est un enfant de la balle. À 80 ans d'intervalle, il est amusant de constater qu'il effectue ses prises de vues sur le même site où E.-J. Marey et G. Demeny ont construit la station physiologique et réalisé les célèbres chronophotographies. Gil de Kermadec ne l'ignore pas. Il découvre la revue Labyrinthe de 1945 (n°12, 15 septembre), dans laquelle Marey présente la marche de l'homme. Dans Tennis de France d'août 1988, il commente les images de Marey parues dans La vie au Grand Air (1913) et déclare que la chronophotographie d'un athlète nu armé d'une raquette et smashant dans le vide est l'ancêtre de tous les technicoramas. Comme E.-J. Marey, il s'arrête sur des « morceaux choisis dans la continuité du temps » (De Kermadec, 1988). Mais, l'objectif du DTN est avant tout technique et pédagogique quand le dessein du physiologiste beauinois est scientifique. Ce dernier est obnubilé par l'enregistrement de la trace et la mesure du mouvement, alors que Gil de Kermadec cherche à découvrir « l'essence du style ».

Les kinogrammes de Tennis de France

Gil de Kermadec a photographié et filmé à Roland-Garros des champions hexagonaux et internationaux dans des situations d'entraînement et de compétition. Il est muni d'une caméra caméflex de 35 mm permettant des vitesses de l'ordre de 1/750° de seconde avec une fréquence de prise de vues de 30 images par seconde. Les images sont agrandies pour constituer les technicoramas, séries gestuelles, qu'il publie mensuellement dans le magazine Tennis de France créé par Philippe Chatrier en mai 1953. Au total, il publie et analyse 508 kinogrammes de mai 1963 à mai 1992 (plus de 1400 pages). Examen détaillé de la forme des gestes et des secrets des meilleurs joueurs, comparaisons entre champions, choix des images les plus significatives pour la compréhension des mouvements, recherche des fondements communs et des différences selon les coups, son projet d'ampleur est de conjuguer cinéma et tennis, autour du style, de la technique et de la personnalité des champions. Le pléthorique travail de Gil de Kermadec constitue une véritable mémoire du tennis international, avec une brillante écriture filmique récemment mise en valeur par Julien Faraut dans L'empire de la perfection (2018).

Un homme de culture et d'image

Au plan de l'étude des techniques sportives, il s'inscrit dans les pas des enseignants de l'INS, André Leroy et Jean Vivès (1949), et semble mettre en œuvre le programme théorique et pédagogique de Maurice Baquet (1942) - savoir observer, savoir comprendre, savoir penser - pour faire passer le conscient dans l'inconscient.

Outre l'inspiration « chronophotographique » c'est sans doute à l'école de la nouvelle vague qu'il va puiser sa recherche de simplicité, d'épuration, de retour à l'essentiel, d'images sans artifices. Il côtoie le « groupe de la rive gauche » (Alain Resnais, Agnès Varda, Chris Marker, Jacques Demy) figure de proue de la nouvelle vague, y rencontrant sa future épouse la comédienne, actrice photographe de plateau puis réalisatrice Liliane Pisterman.

Pour ses films plus artistiques, notamment « La balle au mur » (1988), il va aussi s'inspirer du travail filmique du photographe réalisateur William Klein qu'il rencontra à l'occasion du tournage, pendant le tournoi de Roland-Garros, du film « The French » (1982).

En imposant à la FFT la création d'une fosse permettant de placer une caméra au ras de la terre battue du court central, il emprunte à Leni Riefenstael un procédé technique déployé pour le tournage de son film sur les JO de 1936 « Les Dieux du stade ». Ce procédé lui permettra de tourner quelques séquences en « live », pendant le tournoi.

Références

Baquet, M. (1942). Education sportive. Initiation et entraînement. Les Editions Godin.

De Kermadec, G. (1988). L'ancêtre du Technico. Hommage à Etienne-Jules Marey. Août, Tennis de France.

Faraut, J. (2018). L'empire de la perfection. Film Documentaire. Insep.

Leroy, A. et Vivès, J. (1949). Pédagogie sportive et athlétisme. Editions Bourrelier.

Investigating continuous energetic exchange in pole vault to explore technical approaches

Johan Cassirame^{1,2,3,4}, Sidney Grosprêtre¹, Laurent Royer-Dangeville, Julien Frère

¹ University of Franche-Comte, Laboratory Culture Sport Health and Society (C3S-UR 4660), Sport and Performance Department, 25000 Besançon, France

² EA 7507, Laboratoire Performance, Santé, Métrologie, Société, Reims, France
Université de Reims - Champagne Ardenne : EA7507

³ Société Mtraining, R&D division, École Valentin, France

⁴ French Athletics Federation, Research division, Paris

Key words: Pole Vault, energy, performance, biomechanic

Pole vaulting offers a rich ground for biomechanical analysis. To achieve peak performance, athletes must manage the creation and transformation of different energy forms. Classical motion capture enable the evaluation of kinetic (E-kin) and potential (E-pot) energies based on the center of mass velocity and elevation. The introduction of flexible poles, capable of storing and returning elastic energy, has been a major factor in performance gains and world record progression. Several studies have proposed using net energy gain (E-gain) the difference between an athlete's final and initial mechanical energy as a proxy for muscular work during the jump phase [1].

However, while kinematic analyses offer valuable insights, they remain too global to precisely assess individual movement phases or evaluate the impact of subtle technical or material changes. To obtain more detailed insights, the elastic energy stored in the pole (E-pole) must be quantified and integrated into the energy model. This would also allow for quantifying potential energy dissipation between the bending and unbending phases. Various solutions have been proposed to estimate E-pole, from simulations to in-practice force measurements. The current gold standard developed by Arampatzis et al. [2], use an instrumented pole plant box with 3D force measurements. However, this setup is costly and mainly limited to training environments, where athletes use softer poles and exhibit lower take-off speeds.

To overcome these limitations, we aimed to characterize a wide range of poles differing in brand, length, flex index, and grip position to simulate the relationship between pole chord shortening and E-pole. Characterization was performed using a custom-designed bending machine equipped with a brushless motor, controlled by proprietary software. The device gradually pulled the upper end of the pole toward the lower end while a dynamometer (K-Pullv3, KINVENT, Montpellier, France) continuously recorded the applied force. Multiple tests with varying grip lengths allowed us to establish the relationship between grip position, chord reduction, and E-pole for each pole.

Thanks to partnerships with manufacturers such as ESSX, UCS-Spirit or Nordic, a large database of poles has been tested, enabling a comprehensive energetic balance model. By incorporating pole characterization into a global energy model, we can now compute a continuous energy profile summing E-kin, E-pot, and E-pole to assess how athletes manage energy transfer and input throughout the vault. This approach enables detailed analysis of how technical choices or minor adjustments in style [3] and pole characteristics affect energy dynamics across different vault phases (e.g., swing, maximal bend, push-off). This could pave the way for enhanced feedback and performance optimization in both training and competition.

Références

1.Schade et al. (2000) 2. Arampatzis et al. (2004) 3. Cassirame et al. (2024).

La plus-value de l'observation en Point-Light Display dans l'apprentissage d'un complexe d'haltérophilie pour des sportifs expérimentés

Charly Ferrier¹, Arnaud Decatoire², Yves Almecija¹, Christelle Bidet-Ildet^{1,3}, Yannick Blandin¹

¹ Centre de recherches sur la cognition et l'apprentissage [UMR 7295] (CeRCA [Poitiers, Tours])

Université de Poitiers = University of Poitiers, Université de Tours, Centre National de la Recherche Scientifique

99, avenue du Recteur Pineau 86000 Poitiers et 116 Boulevard Béranger 37000 Tours - France

² Robotique, Biomécanique, Sport, Santé (RoBioSS)

Département Génie Mécanique et Systèmes Complexes

Institut PPRIME : Recherche et Ingénierie en Matériaux, Mécanique et Energétique
SP2MI Téléport 2 Boulevard Pierre et Marie Curie BP 30179 86962 FUTUROSCOPE
CEDEX - France

³ Institut Universitaire de France (IUF)

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Maison des Universités 103 Boulevard Saint-Michel 75005 Paris - France

Mots clés : *apprentissage moteur, observation, PLD, haltérophilie, coordination motrice complexe*

Plusieurs études ont montré l'importance de combiner observation et pratique d'une action sportive pour favoriser l'apprentissage de nouveaux schémas moteurs. De multiples techniques d'observation existent, mais l'une des plus intéressantes pour optimiser cet apprentissage est la technique du Point-Light Display (PLD) car elle ne fournit que des informations cinématiques sur le mouvement (Johansson, 1973) qui sont rapidement reconnues (e.g., Bidet et al., 2022). Certaines études ont questionné l'avantage d'une observation PLD lors de l'acquisition de coordination motrice dans les activités sportives (Horn et al., 2005 ; Ghorbani & Bund, 2016). Les effets bénéfiques de l'observation PLD combinée à la pratique physique ont surtout été rapportés pour une action mono-segmentaire chez des débutants. Seule une étude en judo (Francisco et al., 2023) montre l'avantage d'une observation PLD combinée à une pratique physique chez des experts dans l'acquisition d'une coordination polysegmentaire.

Cette méthodologie nous a semblé intéressante pour les sportifs qui ont à apprendre les mouvements d'haltérophilie dans le cadre de leur préparation physique. Ainsi, notre objectif a été d'évaluer chez des sportifs non familiarisés aux mouvements d'haltérophilie l'efficacité d'un protocole d'apprentissage par l'observation PLD d'un complexe : le cluster, combinant un épaulé et un jeté force. Vingt-six sportifs ont bénéficié d'une séquence d'apprentissage pour apprendre ce mouvement. Pendant 5 séances d'une heure, les participants ont alterné l'observation du mouvement avec sa pratique physique. Le groupe PLD a regardé le mouvement en modalité PLD, le groupe Vidéo en modalité humaine et le groupe Contrôle une vidéo sans habileté motrice humaine. 24h après la période d'apprentissage, les participants ont réalisé le mouvement avec une barre non chargée puis avec une barre chargée à 80%RM d'un jeté force. Les coordinations motrices et la trajectoire de barre ont été analysées. Les résultats ont montré une amélioration des positions articulaires et des coordinations motrices pour l'ensemble des groupes. Toutefois, ces améliorations sont plus importantes sur l'acquisition de l'épaulé pour le groupe PLD avec la barre chargée. Cette expérience montre l'intérêt d'une observation PLD pour l'acquisition de

coordinations motrices complexes chez des sportifs disposant déjà d'une expérience sensori-motrice.

Références

Bidet-Ildei, C., Francisco, V., Decatoire, A., Pylouster, J., & Blandin, Y. (2022). PLAViMoP database: A new continuously assessed and collaborative 3D point-light display dataset. *Behavior Research Methods*, 55(2), 694-715.

Francisco, V., Decatoire, A., & Bidet-Ildei, C. (2023). Action observation and motor learning: The role of action observation in learning judo techniques. *European Journal of Sport Science*, 23(3), 319-329.

Ghorbani, S., & Bund, A. (2016). Observational learning of a new motor skill : The effect of different model demonstrations. *International Journal of Sports Science & Coaching*, 11(4), 514-522.

Horn, R. R., Williams, A. M., Scott, M. A., & Hodges, N. J. (2005). Visual search and coordination changes in response to video and point-light demonstrations without KR. *Journal of Motor Behavior*, 37(4), 265-274.

Johansson, G. (1973). Visual perception of biological motion and a model for its analysis. *Perception & Psychophysics*, 14(2), 201-211.

Le pratiquant de parkour expert comme modèle de cognition incarnée

Sidney Grospretre^{1,2,3}

¹ Laboratoire Culture, sport, santé, société (UR 4660, C3S)
Université Marie et Louis Pasteur

² Pôle de Ressources et d'Expertise Sportive et Scientifique (PRESS)
Fédération de Parkour

³ Institut Universitaire de France (IUF)
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Mots clés : *Plasticité neuromusculaire, gymnastique, parkour, apprentissage moteur, analyse du mouvement*

Étienne-Jules Marey aurait sans doute adoré étudier le parkour, cette discipline urbaine dédiée au franchissement d'obstacles. Les traceurs, nom donné à ses pratiquants, semblent défier la gravité, se mouvant dans la ville avec aisance et volupté. Né du « parcours » du combattant, le parkour s'inspire des principes d'entraînement développés en son temps par l'officier de marine Georges Hébert. Sa méthode repose sur un renforcement du corps et de l'esprit, exclusivement au poids du corps et sans artifice.

Mais plus que tout, le parkour prône l'adaptation : adaptation à l'environnement, ajustement de la pratique à son propre corps et à ses sensations. Difficile de dire si le traceur façonne la ville à son image ou si c'est la ville qui façonne le traceur. Car pratiquer le parkour, c'est se confronter aux affres de la ville moderne et toutes ses barrières, épouser les aspérités de l'architecture, s'ajuster aux dimensions et aux surfaces. Aucun obstacle ne ressemble au précédent. Cette capacité d'adaptation forge ainsi chez les traceurs des compétences cognitives spécifiques, comparables à celles des grimpeurs de falaise, mais distinctes de celles observées en gymnastique. En effet, malgré l'apparente similarité de leur corporéité, les traceurs ne sont pas des gymnastes. La différence réside dans la nature même du mouvement : le parkour est une pratique ouverte, façonnée par la variabilité de l'environnement, rendant chaque action imprévisible. À l'inverse, la gymnastique traditionnelle repose sur des habiletés motrices fermées, cherchant la perfection d'un geste ou d'une séquence de gestes prédéfinis dans un cadre infiniment prédictible et normalisé.

Ces dernières années, un groupe de chercheurs irréductibles, réunis sous l'égide de la fédération nationale de parkour, s'est engagé dans une entreprise audacieuse : explorer scientifiquement cette discipline. Pourquoi si audacieuse ? Parce que, la recherche sur l'activité parkour représente le parangon de la « niche scientifique ». Et pourtant ! Le traceur expert constitue un modèle fascinant, tant il est façonné par son environnement, aussi bien sur les plans musculaire, nerveux que cognitif. Plus encore, la méconnaissance du parkour en fait un atout en réalité indéniable : c'est un objet d'étude unique en matière d'entraînement et d'apprentissage. Contrairement aux recherches classiques s'appuyant sur des tâches aux gestes familiers (comme la frappe au clavier), le parkour permet d'examiner l'impact sur le cerveau de l'acquisition d'un mouvement entièrement nouveau.

Avec une objectivité absolue – cela va sans dire –, cette présentation s'efforcera de montrer en quoi le traceur est un modèle d'expertise qui vaut le détour. Scientifiquement parlant, bien sûr, puisque l'essence même du parkour réside précisément dans le franchissement des obstacles, évitant ainsi tout détour.

Influence d'un exosquelette passif de cheville sur la cinématique, la cinétique et le control nerveux des muscles de la jambe lors de tâches d'équilibre

Raphaël Hamard

Université Bourgogne Europe, Inserm, CAPS UMR 1093, 21000 Dijon, France

Mots clés : Analyse du mouvement, Équilibre, EMG, Exosquelette

Introduction

La compréhension des interactions entre les dispositifs d'assistance motrice et l'utilisateur est un facteur clé pour optimiser la conception des dispositifs d'assistance motrice. Plusieurs études ont montré que les exosquelettes pouvaient influencer la performance motrice et le contrôle neuromusculaire des muscles du membre inférieur lors de la marche. L'influence de ces dispositifs sur la performance d'équilibre reste néanmoins à explorer. L'objectif de cette étude est de déterminer les effets d'un exosquelette passif de cheville sur la cinématique, la cinétique et le contrôle neuromusculaire des principaux muscles de la jambe lors de tâches d'équilibre.

Méthodes

Vingt participants ont réalisé quatre tâches d'équilibre (debout les yeux ouverts ; debout les yeux fermés ; debout sur une surface instable les yeux fermés ; et en appui unipodal les yeux ouverts) sans (CON) et avec (EXO) un exosquelette passif bilatéral de cheville. Pour chaque essai, nous avons mesuré la force de réaction au sol et le centre de pression (COP) à l'aide d'un tapis roulant instrumenté (FIT5, Bertec Inc, USA), la cinématique des membres inférieurs à l'aide d'un système de capture de mouvement 3D (Miquis, Qualisys AB, Suède), ainsi que l'activité électromyographique de surface des muscles tibialis anterior (TA), gastrocnemius lateralis (GL), gastrocnemius medialis (GM) et soleus (SOL) à l'aide d'électromyographie haute densité (Quattrocento, OT Bioelettronica, Italie). Nous avons décomposé les signaux électromyographiques haute densité pour extraire l'activité des unités motrices et avons suivi les mêmes unités motrices actives entre les conditions CON et EXO.

Résultats et discussion

Nous n'avons pas observé d'effet de l'exosquelette sur la distance parcourue par le COP ($p = 0,357$), ce qui suggère que l'assistance n'a pas modifié les performances d'équilibre. Nous avons observé un effet de l'exosquelette sur l'activation musculaire uniquement pour le SOL ($p < 0,001$), avec une activation réduite en condition EXO par rapport à la condition CON. Nous avons pu identifier un nombre important d'unités motrices pour les muscles GM et SOL. Nous avons constaté que les taux de décharge des unités motrices du SOL étaient significativement plus faibles (tous les $p < 0,017$) en condition EXO par rapport à la condition CON pour toutes les tâches, sauf lors de la tâche unipodale ($p = 0,117$). En revanche, nous n'avons trouvé aucun effet de la condition EXO sur les taux de décharge du GM (tous les $p > 0,116$). Les résultats provenant de l'activité des unités motrices sont donc cohérents avec ceux de l'électromyographie de surface et suggèrent que l'exosquelette diminue spécifiquement la commande nerveuse envoyée au SOL mais pas celle envoyée au GM.

Conclusion

Nos résultats démontrent que l'exosquelette passif de cheville n'influence pas négativement la performance posturale. Par ailleurs, ce dispositif d'assistance motrice a une influence hétérogène sur la commande nerveuse des muscles de la jambe. Cette spécificité musculaire devrait être considérée pour optimiser la conception de dispositifs d'assistance se basant sur des données neurophysiologiques.

- 09h00-10h00 **Conférence plénière** Modérateur : Pr. Thierry Pozzo
Actions, synergies, mouvements : mécanismes neurophysiologiques et processus cognitifs
Pr. Luciano Fadiga

- 10h00-11h00 **Conférence plénière** Modérateur : Pr. Jérémie Gaveau
De l'image au mouvement
Pr. Charalambos Papaxanthis

- 11h00-12h30 **Communications orales - Amphithéâtre Mieuxset** Modératrice : Elizabeth Thomas

Promouvoir la santé cognitive chez les aînés : état des lieux des approches validées
Pr. Kiantsanga P. Manckoundia, Arnaud Boujut, Nicolas Gueugneau, Ambre Laplaud et Elsa Morier

Marche et vieillissement : de l'évaluation clinique aux analyses quantifiées
France Mourey

Mouvement volontaire et involontaire : santé cérébrale
Julien Wirtz, Rémi Chaney, Marina Cefis, Yuan Wang, Alexandre Meloux, Aurore Quirie, Anne Prigent-Tessier et Philippe Garnier

- 11h00-12h30 **Communications orales - Amphithéâtre Santana** Modératrice : Anne-Lise Jouen

Influence de la réalité virtuelle sur le schéma corporel et l'espace péri personnel
Léo Guerin

L'interaction Homme-Robot comme outil pour la Neurophysiologie
du Contrôle Moteur dans l'Action Conjointe Complexe
Peter Dominey, Tanaya Chatterjee, Alejandro Tlaieboria, Adrien Guzzo, Ahmad Kaddour, Charalambos Papaxanthis et Jérémie Gaveau

Cinématique vs. cinétique : faut-il les dissocier pour optimiser l'apprentissage moteur ?
Lola Charbonnier, Yannick Blandin, Arnaud Decatoire, Antoine Eon et Cécile Scotto

- 14h00-16h00 **Symposium** Modérateur : Pr. Nicolas Babault

L'évaluation de la fonction musculaire et de la performance sportive : de Marey à nos jours
Quelles applications dans l'entraînement

L'héritage de Marey existe-t-il encore de nos jours ?
Nicolas Babault

La technologie actuelle pour l'évaluation de la fonction musculaire
Sidney Grosprêtre

La technologie actuelle pour l'évaluation de la performance sportive
Christos Paizis

Des questions posées par Etienne-Jules Marey sur la charge de travail des soldats
à une quantification contemporaine de la charge d'entraînement des sportifs
Hervé Assadi

● 14h00-16h00

Communications orales

Modérateur : Raphaël Hamard

**L'effet de l'apprentissage mixte sur les fonctions exécutives
et les compétences des élèves en danse aérobic**

Anis Ben Chikha

**L'instruction de pointer plus vite rend le mouvement plus régulier après une ataxie
cérébelleuse : une étude cinématique d'une série de cas contrôlée**

*Lucas Pignon, Ludovic Delporte, Patrice Revol, Lisette Arsenault, Gilles Rode,
Yves Rossetti et Sébastien Mateo*

**Short-term immobilization impairs direction programming
and control of pointing movements**

Cécile Scotto, Frédéric Danion, Yannick Blandin et Lucette Toussaint

Actions, synergies, mouvements : mécanismes neurophysiologiques et processus cognitifs

Luciano Fadiga

Université de Ferrare et Institut Italien de Technologie

Mots clés : Système Moteur, Synergies, Circuits Sensorimoteurs, Neurones Miroir

L'une des tâches les plus importantes du système nerveux est sa capacité à traduire les pensées et les intentions en mouvements. Sans le mouvement, il n'y aurait aucune preuve de son existence, comme l'a magnifiquement décrit Sherrington dans sa phrase : « Le motoneurone est la voie finale commune et le muscle est le dernier exécutant ».

Le système moteur des primates, y compris l'homme, est organisé de manière hiérarchique. Au-dessus des motoneurones se trouvent les interneurones qui contrôlent les synergies des mouvements, et au-dessus de ceux-ci se trouvent les systèmes corticaux où le mouvement est au service d'un objectif. L'action est en effet un mouvement dirigé vers un but.

Chez les primates supérieurs, et en particulier chez l'homme, un nouveau système cortical émerge qui court-circuite les synergies motrices pour atteindre directement les motoneurones qui contrôlent les muscles. Il s'agit du cortex moteur primaire, doté de voies cortico-motoneuronales monosynaptiques qui fournissent au système nerveux un contrôle complet de la motricité fine. C'est grâce à ce système que nous pouvons apprendre à jouer du piano ou du violon.

Cette machine si complexe est au service de représentations d'ordre supérieur : le cerveau sensorimoteur qui constituera une partie importante de ma présentation. L'aspect peut-être le plus intéressant est que les systèmes sensorimoteurs ne relient pas seulement la sensation au mouvement, mais aussi, grâce au système des neurones miroirs, relient entre eux des individus différents, permettant ainsi l'émergence de l'interaction et de la communication.

De l'image au mouvement

Charalambos Papaxanthis

Université Bourgogne Europe, Inserm, CAPS UMR 1093, 21000 Dijon, France

Plus de 120 ans après son décès, l'œuvre remarquable d'Etienne-Jules Marey continue de susciter études, réflexions et analyses. Concepteur de la méthode graphique et de la chronophotographie, E.J. Marey est un scientifique, physiologiste et médecin qui a marqué par ses découvertes la physiologie du vivant. Qui peut rester insensible, par exemple, à l'image de l'homme à la perche (1884) et à l'ingéniosité de son inventeur ? Mais, à son insu, E.J. Marey devient-il illusionniste, prestidigitateur, en nous faisant croire que dans cette image, il y a du mouvement ? Or, rien ne bouge, tout est figé.

C'est la vertu de l'image de toucher notre spontanéité universelle, de nous envahir et de nous captiver, c'est imminent et sans appel. Un impact extérieur puissant, lequel réveille, en même temps, notre subjectivité la plus profonde, en faisant appel à notre propre représentation du mouvement.

L'image, physique ou mentale, est énigmatique : elle donne son contenu sans le donner, elle le donne dans la présence de son absence. Image, eikon, eidolon, représentation, simulation... Autant de mots pour caractériser une activité parmi la plus fascinantes de l'esprit humain.

Quels sont alors leurs rapports avec l'objet dont elles sont référentes ? Quelle est la relation de l'image avec la perception ? Celle de l'image visuelle avec l'image motrice ? Une belle histoire de trace et d'absence qui a jalonné la philosophie et les neurosciences sera au cœur de notre présentation.

Promouvoir la santé cognitive chez les aînés : état des lieux des approches validées

Kiantsanga P. Manckoundia¹, Arnaud Boujut², Nicolas Gueugneau³, Ambre Laplaud⁴ et Elsa Morier⁵

¹ Université Bourgogne Europe, CHU Dijon Bourgogne, Service de Médecine Interne Gériatrie, INSERM, CAPS UMR 1093, 21000 Dijon, France

² Handicap, Activité, Vieillesse, Autonomie, Environnement (HAAVE)
OmégaHealth

Faculté des Sciences et Techniques 123 avenue Albert Thomas 87060 Limoges
Cedex - France

³ Laboratoire Culture Sport Santé et Société (C3S-UR4660), UFR STAPS, Université Marie et Louis Pasteur, Besançon, France.

⁴ Gérontopole Nouvelle Aquitaine

⁵ Gérontopole Bourgogne-France-Comté

Mots clés : *santé cognitive ; prévention ; promotion ; données probantes*

Dans le cadre de l'opérationnalisation du Centre de Ressources et de Preuves porté par la Caisse Nationale de Solidarité pour l'Autonomie et du projet « Accompagner le développement d'une politique de prévention territorialisée », l'Union des Gérontopôles de France est missionnée pour modéliser des programmes de prévention fondés sur les données probantes. Un programme de prévention basé sur celles-ci en santé cognitive sera mis à disposition des opérateurs de prévention. Il s'adressera aux personnes de plus de 60 ans, autonomes et pré-fragiles vivant à domicile, et portera une attention spécifique aux personnes en situation de vulnérabilité. Ces publics correspondent à ceux intégrés dans la démarche de repérage des fragilités et de prévention du programme Integrated Care for Older People de l'Organisation Mondiale de la Santé, qui repose sur six fonctions essentielles (« capacités intrinsèques ») à la préservation de l'autonomie des populations concernées : la locomotion, l'état nutritionnel, la santé mentale, la cognition, l'audition et la vision, intégrant la dimension sociale.

Le déclin cognitif lié à l'âge est un processus inévitable qui affecte particulièrement la mémoire de travail, la vitesse de traitement de l'information, la motricité fine et globale, ainsi que les fonctions exécutives et perceptives. Grâce à la plasticité cérébrale, le cerveau conserve une capacité d'adaptation qui peut être stimulée. Les activités sociales et cognitives influencent la structure cérébrale, avec une possible préservation du volume hippocampique et de la substance grise : un environnement riche et stimulant joue un rôle clé dans la santé cognitive.

Les approches multimodales, associant plusieurs stratégies préventives (interventions combinant activité physique, stimulation cognitive, interactions sociales et gestion des facteurs de risque cardiovasculaires) sont efficaces pour ralentir le déclin cognitif. L'activité physique est régulièrement citée comme un levier majeur pour cibler efficacement les mécanismes affectés par le vieillissement, tout en améliorant la qualité de vie. Les interventions combinant stimulation cognitive et activité physique non aérobique génèrent les bénéfices cognitifs et cérébraux les plus durables. L'entraînement physique devrait ainsi être ciblé et diversifié, en incluant le travail de la force, de l'équilibre, de l'endurance et de la souplesse, afin de favoriser une meilleure autonomie. Mais l'intensité de l'exercice seule ne corrèle que faiblement avec la neuroplasticité chez les adultes âgés. Ces résultats suggèrent que la clé réside davantage dans une personnalisation adaptée au niveau de chaque individu et dans la recherche de l'état de flow.

Dans ce contexte, de nouvelles technologies immersives offrent des pistes prometteuses, favorisant des expériences engageantes, améliorant à la fois les performances cognitives et le bien-être psychologique.

La personnalisation des interventions est donc primordiale, en intégrant les préférences et les besoins des participants pour favoriser un changement comportemental durable et un transfert optimal des bénéfices dans la vie quotidienne. L'adoption de nouvelles habitudes demande un accompagnement structuré, progressif et adaptatif.

Marche et vieillissement : de l'évaluation clinique aux analyses quantifiées

France Mourey

Université Bourgogne Europe, Inserm, CAPS UMR 1093, 21000 Dijon, France

Mots clés : Vitesse de marche, vieillissement, chute

Le test clinique le plus utilisé tant en clinique qu'en recherche dans la population âgée est la vitesse de marche. Des associations fortes ont été observées entre la vitesse de marche et la réponse à la rééducation, la dépendance fonctionnelle, la fragilité, le déclin cognitif, les chutes, la qualité de vie, l'humeur, la participation sociale, l'institutionnalisation, l'hospitalisation, les événements cardiovasculaires et la mortalité. En raison de ses capacités prédictives, la vitesse de marche est désormais considérée comme le « sixième signe vital ».

Les approches biomécaniques montrent que malgré des vitesses de marche similaires entre jeunes adultes et adultes plus âgés en bonne santé, des variations sont observées comme des longueurs de pas plus courtes, un temps de double appui plus long, des moments et des puissances plus faibles au niveau de la cheville chez les plus âgés.

D'autres approches concernent davantage l'intrication entre activité motrice et cognition. Dans ce champ, on retrouve l'impact des modifications de l'équilibre et les modifications des capacités en double tâche. Si l'analyse quantifiée a été largement utilisée en particulier chez le sujet parkinsonien, les modifications du schéma de marche retrouvées dans les phases de post-chute devraient faire l'objet de recherches complémentaires.

Références

Middleton A, Fritz SL, Lusardi M. Walking Speed: The Functional Vital Sign. *J Aging Phys Act* [Internet]. avr 2015 [cité 2 juin 2023];23(2):314-22. Disponible sur:

<https://journals.humankinetics.com/view/journals/japa/23/2/article-p314.xml>

Boyer KA, Hayes KL, Umberger BR, Adamczyk PG, Bean JF, Brach JS, et al. Age-related changes in gait biomechanics and their impact on the metabolic cost of walking: Report from a National Institute on Aging workshop. *Exp Gerontol*. Mars 2023;173:112102.

Kubicki A, Mourey F. Rééducation gériatrique : approche systémique. EMC - Kinésithérapie-Médecine physique-Réadaptation [Internet]. 2015; Disponible sur:

<http://dx.doi.org/10.1016/S1283-0887>

Merendino A, Mourey F, Renoncourt T, Da Silva S, Dipanda M, Larosa F, Putot A, Manckoundia P. Psychomotor disadaptation syndrome: a scoping review.

European Geriatric Medicine 2025 <https://doi.org/10.1007/s41999-025-01176-1>

Mouvement volontaire et involontaire : Santé cérébrale

Julien Wirtz¹, Rémi Chaney², Marina Cefis¹, Yuan Wang¹, Alexandre Meloux¹, Aurore Quirie¹, Anne Prigent-Tessier¹, Philippe Garnier¹

¹ Université Bourgogne Europe, Inserm, CAPS UMR 1093, 21000 Dijon, France

² Département des Sciences de l'Activité Physique, Université du Québec à Montréal

Mots clés : BDNF, Exercice, Électromyostimulation, Muscle, Neuroplasticité

L'exercice physique (EX) est la stratégie non pharmacologique la plus efficace pour améliorer la santé, prévenir de nombreuses pathologies et constitue aussi une méthode de réhabilitation utilisée chez des patients victimes d'AVC, souffrant de dépression ou de pathologies neurodégénératives. Les bénéfices de l'EX sont médiés par la production cérébrale du brain-derived neurotrophic factor (BDNF) jouant un rôle clé dans la neuroplasticité et la neuroprotection. Le rôle crucial du BDNF est indiscutable puisque des stratégies anti-BDNF abolissent les bénéfices cognitifs associés à l'EX. Concernant les mécanismes sous-jacents, de récentes données ont mis en évidence qu'un dialogue endocrinien s'opérait entre le cerveau et les muscles en contraction sécrétant, dans la circulation sanguine, des myokines induisant la synthèse cérébrale de BDNF. Toutefois, les populations fragiles (âgées, atteintes d'AVC, ou souffrant de pathologies telles que la BPCO ou l'insuffisance cardiaque) peuvent être limitées dans la pratique d'un EX traditionnel. Ainsi, des séances d'électromyostimulation (EMS) induisant des contractions musculaires involontaires, pourrait constituer une stratégie prometteuse pour optimiser la santé cérébrale.

Dans ce contexte, notre équipe a mis en évidence à travers trois protocoles distincts, les effets différenciés de l'EX et de l'EMS sur la neuroplasticité et l'intégrité musculaire. Premièrement, la pratique quotidienne d'un exercice aérobie améliore la signalisation BDNF et favorise la neuroplasticité. Dans un second temps, l'application de deux sessions d'EMS espacées d'une semaine stimule les fonctions exécutives chez l'Homme et améliore la neuroplasticité chez l'animal via l'interaction humorale entre les muscles et le cerveau tout en préservant une bonne intégrité musculaire. Enfin, de manière surprenante, l'utilisation chronique de l'EMS pendant 7 jours consécutifs altère la signalisation du BDNF dans l'hippocampe, entraînant une diminution des protéines associées à la neuroplasticité. Cette stimulation prolongée induit également des lésions musculaires accompagnées d'une élévation des niveaux de cytokines pro-inflammatoires circulantes et hippocampiques, contribuant ainsi à un statut neuro-inflammatoire cérébral exacerbé.

Pris ensemble, ces résultats suggèrent que contrairement à l'EX, l'EMS n'induit pas systématiquement des effets bénéfiques sur la cognition et la neuroplasticité. Tout en essayant de comprendre les mécanismes qui font basculer le dialogue muscle-cerveau d'un caractère vertueux à délétère, nos recherches visent à optimiser les protocoles d'EMS pour en faire un outil thérapeutique efficace notamment auprès des populations incapables de pratiquer une activité physique conventionnelle.

Influence de la réalité virtuelle sur le schéma corporel et l'espace péripersonnel

Léo Guérin, Anne-Lise Jouen, Ahmad Kaddour, Cédric Perraud, Jocelyne Ventre-Dominey, Peter Ford Dominey, Carine Michel-Colent
Université Bourgogne Europe, Inserm, CAPS UMR 1093, 21000 Dijon, France

Mots clés : Plasticité sensori-motrice, réalité virtuelle, représentation spatiale

L'adaptation prismatique est un paradigme couramment utilisé pour induire un décalage sensorimoteur. Lorsque les sujets portent des lunettes qui décalent le champ visuel lors de tâches de pointage visuomanuelles, la main semble être déplacée par rapport à sa position réelle. Une fois les lunettes retirées après l'adaptation, on observe des effets post-adaptatifs sensorimoteurs, c'est-à-dire des erreurs de pointage dans la direction opposée à la déviation optique induite. De plus, des effets post-adaptatifs cognitifs sont également décrits dans la représentation de l'espace. Ce type d'expérience reflète un lien étroit entre la plasticité sensorimotrice et la représentation de l'espace.

La réalité virtuelle (VR) apporte à ce domaine de recherche de nouvelles possibilités pour étudier les manipulations asymétriques du champ visuo-spatial et la perturbation consécutive de la coordination sensorimotrice. Par exemple, il est possible de modifier facilement le gain spatial dans des zones spécifiques de l'espace.

Dans cette étude, nous avons exploré les modifications de l'espace péripersonnel (PPS) après une adaptation sensorimotrice induite par des perturbations visuo-spatiales non homogènes. À cette fin, nous avons développé un nouveau paradigme visant à générer une incorporation spatiale hétérogène chez des sujets droitiers en bonne santé, en utilisant un casque de réalité virtuelle. Ici, le retour visuel du mouvement était amplifié d'un facteur 3 dans l'hémiespace gauche, tandis qu'il était divisé par un facteur 3 dans l'hémiespace droit : un pointage de 30 cm entraînait un retour visuel de 90 cm à gauche et de 10 cm à droite. Une telle manipulation du gain sensorimoteur visait à accroître les capacités du sujet dans un hémiespace tout en les restreignant dans l'autre.

Pour évaluer les effets des modifications du gain, nous avons comparé la performance sensorimotrice des participants dans deux conditions expérimentales testées avant et après la session de manipulation visuo-spatiale :

- Une évaluation de l'espace péripersonnel en mesurant la délimitation perçue de l'espace atteignable dans les hémiespaces gauche et droit
- Une estimation du niveau d'adaptation à l'aide d'une tâche de pointage en boucle ouverte (sans retour visuel)

Nous avons prédit que l'adaptation sensorimotrice serait cohérente avec la perturbation appliquée. Conformément à cette hypothèse, nous avons observé des effets post-adaptatifs sensorimoteurs significatifs : 1) dans la tâche de pointage en boucle ouverte, une hypermétrie marquée du mouvement de la main dans l'hémiespace droit, et 2) une réduction de l'espace péripersonnel associée au mouvement hypermétrique.

En résumé, nous avons induit une plasticité de l'espace péripersonnel dans un hémiespace spécifique, en cohérence avec une adaptation sensorimotrice consécutive à une perturbation visuo-spatiale hétérogène. Des recherches complémentaires sont en cours pour déterminer quel facteur – effet de latéralisation ou effet de gain – est responsable des adaptations observées dans un seul hémiespace.

L'interaction Homme-Robot comme outil pour la Neurophysiologie du Contrôle Moteur dans l'Action Conjointe Complexe

Peter Dominey, Tanaya Chatterjee, Alejandro Tlaidiboria, Adrien Guzzo, Ahmad Kaddour, Charalambos Papaxanthis, Jérémie Gaveau

Université Bourgogne Europe, Inserm, CAPS UMR 1093, 21000 Dijon, France

Mot clés: Interaction Homme Robot, Décodage neuronal, Temps continu, Action conjointe

Une partie de la magie de Marey résidait dans l'exploitation de la nouvelle technologie de la photographie pour comprendre l'organisation des séquences de mouvements complexes. Aujourd'hui, un nouvel ensemble d'outils permet de poursuivre cet objectif. L'interaction homme-robot (IHR) offre des opportunités uniques pour étudier les bases neurophysiologiques du contrôle moteur humain grâce à des stimuli sensoriels contrôlés et reproductibles. Dans cette étude, nous présentons un cadre novateur associant les neurosciences et l'IHR, inspiré de la tâche de Temps de Réaction en Série (Serial Reaction Time, SRT). Ce paradigme combine l'EEG avec une tâche dans laquelle un robot humanoïde exécute des séquences de mouvements préprogrammées que le participant humain reproduit en temps réel. L'utilisation d'un robot humanoïde garantit des stimuli sensorimoteurs précis et répétables dans l'espace péripersonnel 3D du participant, fournissant ainsi des conditions expérimentales difficiles à reproduire avec des méthodes traditionnelles.

La performance comportementale est évaluée en mesurant le décalage temporel entre les mouvements du robot et ceux de l'humain, un délai qui diminue avec l'entraînement, reflétant ainsi l'apprentissage des séquences motrices. En parallèle, les signaux EEG du participant sont analysés afin de révéler les corrélats neuronaux de l'apprentissage et de la dynamique du mouvement. Les Perturbations Spectrales Événementielles (ERSP) dans les bandes de fréquence thêta, mu et bêta mettent en évidence des patterns distincts associés au repos, à la fixation et au mouvement. De plus, les évolutions des ERSP au fil des essais traduisent la progression de l'apprentissage des séquences, illustrant le lien entre les oscillations neuronales et l'apprentissage moteur.

Un modèle de Régression Linéaire à Commutation de Markov permet en outre de décoder les signaux EEG afin de prédire, de manière temporellement résolue, les paramètres du mouvement, notamment la position et la vitesse, tant du participant humain que du robot. Nos résultats soulignent le potentiel de l'IHR comme plateforme robuste pour la recherche en neurosciences et mettent en avant la valeur du décodage neuronal basé sur l'EEG pour la compréhension de l'apprentissage des séquences motrices.

L'un des résultats les plus marquants de cette étude est l'observation selon laquelle les signaux EEG sont liés non seulement aux paramètres cinématiques du mouvement humain, mais également à ceux du robot. Cette constatation peut être interprétée en termes d'action conjointe ou d'action coordonnée entre l'humain et le robot. Cela ouvre de nouvelles perspectives pour l'utilisation de l'interaction homme-robot dans l'étude de l'action conjointe.

Cinématique vs. cinétique : faut-il les dissocier pour optimiser l'apprentissage moteur ?

Lola Charbonnier¹, Yannick Blandin¹, Arnaud Decatoire²,
Antoine Eon², Cécile Scotto¹

¹ Centre de recherches sur la cognition et l'apprentissage (CeRCA)
[UMR 7295] Université de Poitiers et de Tours,
Centre National de la Recherche Scientifique
99, avenue du Recteur Pineau 86000 Poitiers et 116 Boulevard Béranger
37000 Tours - France

² Institut P' CNRS - Université de Poitiers - ENSMA UPR 3346 SP2MI
CNRS - Université de Poitiers

Most clés : Assistance robotique, Apprentissage moteur, Cinétique, Cinématique

L'apprentissage permet de s'adapter aux changements environnementaux et corporels, qu'ils soient progressifs (vieillesse) ou soudains (accidents). En rééducation, les dispositifs robotiques offrent des opportunités prometteuses pour le réapprentissage moteur (Reinkensmeyer & Patton, 2009). Toutefois, ils se concentrent principalement sur la trajectoire (cinématique) plutôt que sur les commandes motrices nécessaires (cinétique). Cela soulève une question fondamentale : ces deux aspects peuvent-ils être dissociés dans l'apprentissage moteur, ou sont-ils intrinsèquement liés ? Afin de tester cette hypothèse, nous avons modifié la marge d'erreur tolérée par un guidage robotique lors de l'apprentissage d'un mouvement complexe du bras, en utilisant un dispositif robotisé doté d'un contrôle en admittance (Decatoire, Eon, Laguillaumie, 2022). Une marge importante permet au sujet de faire l'expérience de la cinématique du mouvement sans avoir à produire les efforts requis, alors qu'une marge faible nécessite de produire ces efforts (cinétique) pour que le déplacement (cinématique) soit permis. Le jour 1, les participants ont effectué une session d'acquisition avec feedbacks visuels continus et terminaux (six blocs de 15 essais) avec une marge d'erreur constante de 2 Nm (groupe Constant 2 Nm) ou 12 Nm (groupe Constant 12 Nm) ; ou avec une modification progressive de cette marge : de 12 à 2 Nm (groupe Marge-) ou de 2 à 12 Nm (groupe Marge+). Juste avant cette session d'acquisition ; les quatre groupes ont effectué un pré-test de cinq essais sans feedback visuel avec une marge moyenne de 7 Nm. Le jour 2, cette même session expérimentale a été répétée dans les mêmes conditions (post-test). L'erreur quadratique (RMSE) entre le couple de référence et le couple produit par le participant, nous permet d'évaluer l'apprentissage. L'ANOVA sur les données pilotes (n=12) a montré un taux d'amélioration (i.e., ; (post-pré)/pré) supérieur pour les groupes Marge- (42%) et Marge+ (33%) comparé au groupe Constant 12 Nm (5% ; $p < 0,01$ & $p < 0,05$; respectivement). Nos résultats soutiennent l'hypothèse selon laquelle la variation de la marge d'erreur favorise l'apprentissage en offrant un accès simultané à une représentation extrinsèque (cinématique) et intrinsèque (cinétique) du mouvement (Krakauer et al., 1999). Ces deux paramètres étant étroitement liés, ils ne devraient pas être dissociés dans l'apprentissage d'un geste moteur complexe.

Références

- Decatoire, A., Eon, A., & Laguillaumie, P. (2022). Device for physical rehabilitation, training or preparation (WO 2022/084283 A1).
- Krakauer, J. W., Ghilardi, M.-F., & Ghez, C. (1999). Independent learning of internal models for kinematic and dynamic control of reaching. *Nature Neuroscience*, 2(11), 1026-1031.
- Reinkensmeyer, D. J., & Patton, J. L. (2009). Can Robots Help the Learning of Skilled Actions? *Exercise and Sport Sciences Reviews*, 37(1), 43-51.

L'héritage de Marey existe-t-il encore de nos jours ?

Nicolas Babault

Université Bourgogne Europe, Inserm, CAPS UMR 1093, 21000 Dijon, France
Centre d'Expertise de la Performance, 21000 Dijon, France

Mots clés: Mouvement, Force, Physiologie, Contraction, Muscle, Entraînement, Sport

Etienne-Jules Marey a imaginé, dessiné, et conçu de nombreux outils permettant d'analyser le mouvement au sens large du terme. Par cela, il s'est constamment appuyé sur des technologies disponibles mais surtout sur des technologies émergentes. Les différents outils et plus particulièrement la chronophotographie lui ont permis d'explorer de nombreux phénomènes en rendant visible l'invisible. Le mouvement reste la base de ses activités. Cependant, le mouvement est exploré via une démarche pluridisciplinaire large. On peut parler ici du mouvement de l'air en considérant la mécanique des fluides. On peut également parler du mouvement d'objets soumis à la gravité. Toutefois, comprendre scientifiquement le mouvement d'êtres vivants reste sa principale occupation. Il a ainsi étudié la motricité d'oiseaux, de chevaux, de chats mais aussi et surtout d'êtres humains dans des situations sportives. Il a ainsi décomposé de nombreux mouvements et sports tels que l'escrime, la course, le saut en longueur ou à la perche. Explorer le mouvement ne lui suffit pas. Il lui faut explorer la fonction musculaire et comprendre la physiologie. S'appuyant sur des outils novateurs, il put ainsi rentrer dans des évaluations fonctionnelles et physiologiques. Il étudia les propriétés musculaires en fonction de différentes conditions externes. Nous pouvons, par exemple, citer l'effet de la longueur musculaire sur la force ou alors l'effet de la température, de la fatigue... De nos jours, les travaux de Etienne-Jules Marey sont tombés dans l'oubli. Il reste pourtant à la base de nombreux phénomènes encore étudiés. Il reste aussi un des précurseurs de techniques exploratoires revisitées ou de techniques d'entraînement qui se sont très largement démocratisées. La miniaturisation des capteurs, la démocratisation des outils de mesure, l'ère du big data ou la nouvelle profession de scientifique du sport (« sport scientist ») font revivre l'héritage que nous a laissé Etienne-Jules Marey. Oui ! L'héritage laissé par Etienne-Jules Marey existe encore dans l'entraînement sportif et dans l'entraînement physique !

La technologie actuelle pour l'évaluation de la fonction musculaire

Sidney Grospretre^{1,2,3}

¹ Laboratoire Culture, sport, santé, société (UR 4660, C3S)
Université Marie et Louis Pasteur

² Pôle de Ressources et d'Expertise Sportive et Scientifique (PRESS)
Fédération de Parkour

³ Institut Universitaire de France (IUF)
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Mots clés : *Electromyographie, Stimulation Magnétique Transcranienne, NIRS*

L'étude de la fonction musculaire a considérablement évolué depuis le XIXe siècle, époque à laquelle Jules-Étienne Marey posa les premières bases méthodologiques de l'analyse du mouvement et de l'activité musculaire. Médecin, physiologiste et inventeur, Marey développa des outils novateurs pour son temps, tels que la myographie, le tambour enregistreur et la chronophotographie, permettant de quantifier les contractions musculaires et de visualiser les mouvements corporels. Sa démarche était déjà pluridisciplinaire, intégrant la mécanique, la physiologie et l'observation graphique, dans une volonté de comprendre scientifiquement les mécanismes du geste humain. Aujourd'hui, les principes posés par Marey se prolongent et s'enrichissent grâce aux avancées technologiques majeures, donnant lieu à une multitude de méthodes d'analyse de la fonction musculaire, à la fois plus précises, plus accessibles et souvent non invasives. Parmi ces méthodes, l'électromyographie (EMG) occupe une place centrale. Elle permet d'enregistrer l'activité électrique des muscles lors de leur activation. L'EMG de surface, technique non invasive, est largement utilisée pour évaluer le recrutement musculaire, la coordination intermusculaire ou encore la fatigue. L'EMG intramusculaire, quant à elle, offre une résolution plus fine, permettant d'accéder à l'activité des unités motrices profondes, mais nécessite l'insertion d'électrodes dans le muscle. Plus récemment, le développement de l'EMG Haute Densité a permis d'atteindre le comportement des unités motrices de manière non-invasive, contrairement à l'EMG intramusculaire. Parallèlement, les techniques d'imagerie, telles que l'échographie musculaire ou l'imagerie par résonance magnétique (IRM), permettent aujourd'hui d'examiner finement la structure, la composition ou encore l'activité métabolique des muscles en action ou au repos. Des méthodes émergentes comme l'élastographie ultrasonore (Shear Wave) ou la near infraRed spectroscopy (NIRS) offrent, respectivement, une mesure en temps réel de la rigidité musculaire ou de l'oxygénation musculaire, apportant de nouvelles données sur la mécanique interne du muscle. Enfin, des approches neurophysiologiques telles que la stimulation magnétique transcrânienne (TMS) ou la stimulation électrique périphérique permettent d'évaluer les voies de commande motrice, qu'elles soient spinales (ex. : réflexe H) ou corticospinales (ex. : potentiels évoqués moteurs, activation musculaire). Ces outils offrent un éclairage complémentaire sur l'origine et le contrôle de l'activation musculaire. Si les instruments actuels diffèrent radicalement de ceux de Marey par leur sophistication, ils restent animés par la même volonté : objectiver le fonctionnement musculaire et le traduire en données quantifiables. En ce sens, Marey peut être considéré comme un précurseur visionnaire de la biomécanique et de la neurophysiologie du mouvement. Les méthodes contemporaines, riches et diversifiées, prolongent son héritage en conjuguant précision technologique, rigueur scientifique et applications multiples, de la recherche fondamentale à la pratique clinique.

La technologie actuelle pour l'évaluation de la performance sportive

Christos Paizis

Université Bourgogne Europe, Inserm, CAPS UMR 1093, 21000 Dijon, France
Centre d'Expertise de la Performance, 21000 Dijon, France

Mots clés : Technologie, Performance Sportive, Force, VBT, Vitesse, GPS

L'évaluation objective de la performance sportive constitue aujourd'hui un domaine central en sciences du sport et en biomécanique appliquée. Cette approche repose sur la quantification précise des forces, des vitesses et des déplacements générés par l'athlète, afin d'optimiser l'entraînement, prévenir les blessures et individualiser les charges de travail. Les premières bases de cette quantification scientifique du mouvement humain ont été posées dès le XIX^e siècle par Jules-Étienne Marey (1830-1904), médecin et physiologiste français. À une époque où l'analyse du mouvement reposait principalement sur l'observation visuelle, Marey développe des dispositifs mécaniques innovants, précurseurs des plateformes de force modernes. Utilisant des leviers, des ressorts et des systèmes d'enregistrement graphique (notamment le tambour enregistreur), ces instruments permettaient de tracer les variations des forces de réaction du sol durant la locomotion, offrant ainsi les premières analyses dynamiques de la marche et de la course. Depuis ces premières recherches fondatrices, l'évaluation de la performance sportive s'est considérablement enrichie grâce aux avancées technologiques. Les plateformes de force modernes, intégrant des capteurs électroniques de haute précision, mesurent aujourd'hui les composantes tridimensionnelles des forces (verticale, antéro-postérieure et médiolatérale). Elles fournissent des informations essentielles pour analyser les sauts, les démarrages de sprint, les changements de direction, la stabilité posturale et la qualité des appuis. En complément, diverses technologies permettent désormais une évaluation multidimensionnelle de la performance. La vitesse de déplacement est mesurée par des cellules photoélectriques, des systèmes Optojump ou le 1080 Sprint, offrant des données fines sur le temps de contact, le temps de vol, l'amplitude de la foulée, la vitesse instantanée sur chaque appui et la variabilité de la foulée. La détente horizontale est également évaluée à l'aide des plateformes de force et de l'Optojump. La charge externe correspond à l'ensemble des contraintes mécaniques subies par l'athlète lors de l'activité. Les systèmes GPS (Global Positioning System) permettent de la quantifier en mesurant précisément les distances parcourues, les variations de vitesse et les changements de direction. Ils fournissent des données essentielles sur l'intensité et le volume des efforts réalisés, informations précieuses pour ajuster les charges d'entraînement et prévenir le risque de surcharge. Par ailleurs, la puissance musculaire et le contrôle de la charge d'entraînement en force sont aujourd'hui optimisés grâce aux linear encoders, mesurant la vitesse de déplacement des charges soulevées. Ces dispositifs sont au cœur du Velocity Based Training (VBT), une approche permettant d'ajuster précisément l'intensité de l'entraînement en fonction de la vitesse d'exécution. En définitive, les travaux précurseurs de Marey ont ouvert un champ d'étude qui, enrichi par les avancées technologiques du XXI^e siècle, fournit aujourd'hui aux chercheurs, praticiens et entraîneurs des outils d'analyse et de suivi extrêmement précis, permettant une compréhension fine et individualisée des déterminants de la performance sportive.

Des questions posées par Etienne-Jules Marey sur la charge de travail des soldats à une quantification contemporaine de la charge d'entraînement des sportifs

Hervé Assadi

Université Bourgogne Europe, Inserm, CAPS UMR 1093, 21000 Dijon, France

Mots clés: *Réponses physiologiques et mécaniques, Marche, Course, Vitesse maximale aérobie, VO2max, fréquence cardiaque*

Scientifique multidisciplinaire, Etienne-Jules Marey, est tout d'abord un médecin et surtout un physiologiste. Dès 1859, il développe et améliore le sphygmographe, un appareil permettant d'enregistrer le pouls, l'ancêtre du cardiofréquencemètre. Il imagine déjà que des enregistrements réalisés pendant un cours de gymnastique permettraient de voir l'effet de l'activité physique sur la circulation sanguine. Pour aller plus loin dans l'expérimentation du vivant, il crée « la station de physiologie » du Fonds des Princes à Boulogne-sur-seine. Il y étudiera, en particulier, la « méthode de marche » des militaires et s'intéressera à l'effet de l'augmentation de la charge sur l'entraînement des soldats. Dès le milieu du 19^{ème} siècle, il pose les bases d'une réflexion scientifique sur la quantification de la charge de travail et les effets de l'entraînement. Il s'interroge sur les réponses physiologiques au cours d'activités physiques et faisant preuve d'une grande ingéniosité propose des solutions méthodologiques pour y arriver.

Si, au cours du 20^{ème} siècle, les outils de mesure ont considérablement évolué (analyseur portable des gaz respiratoires, mesure de la fréquence cardiaque et mise en relation avec les données de vitesse, d'accélération, mesure de l'activité électrique du muscle...), les questions scientifiques posées par E-J Marey demeurent d'actualité et guident aujourd'hui encore l'activité de nombreux chercheurs.

Nous illustrerons nos propos au travers de 3 études scientifiques réalisées dans le cadre de nos activités au Centre d'Expertise de la Performance Gilles Cometti plateforme technologique rattachée au laboratoire CAPS.

La marche, une des activités humaines les plus étudiées, est encore au centre de nos préoccupations surtout quand il s'agit de comprendre comment une marcheuse de très haut niveau améliore son efficacité bien au-delà de nos comportements habituels. La première étude compare les caractéristiques physiologiques et mécaniques de la marche et de la course à différentes vitesses de déplacement.

Au cœur des méthodes d'entraînement et d'optimisation de la performance, les exercices intermittents occupent une place importante dans le programme des sportifs. La seconde étude permet de faire une comparaison entre les réponses physiologiques et mécaniques au cours de deux exercices intermittents : le 30s-30s et le 5s-10s.

La plupart des recherches scientifiques sur la course à pied étudient les pratiques les plus populaires (10km, semi-marathon), présentant des conditions de course à plat. L'évolution récente des pratiques, en particulier la course en montagne (trail running), amène les scientifiques et les entraîneurs à s'intéresser aux profils spécifiques de ces épreuves. Dans cette troisième étude, nous comparerons les manifestations physiologiques et mécaniques lors de la course à la vitesse maximale aérobie à plat versus en descente (15%).

L'effet de l'apprentissage mixte sur les fonctions exécutives et les compétences des élèves en danse aérobic

Anis Ben Chikha^{1,2}, Mohamed Abdelkader Souissi^{2,4}, Sihem Traina^{1,2},
Chiraz Goumni^{1,3}

¹ Higher institut of Sport and Physical Education of Ksar-Said, Manouba University, Tunis, Tunisia

² Physical Activity Sport and Health, Reasearch Unit, National Observatory of Sport, Tunis, Tunisia

³ Reseach Laboratory (LR23JS01) Health and society, Higher institute of Sport and Physical Education of Ksar-Said, Manouba University, Tunis, Tunisia.

⁴ Higher institut of Sport and Physical Education, University of Gafsa, Gafsa, Tunisia

Mots clés: *Apprentissage mixte, fonctions exécutives, compétences en danse aérobic*

Des recherches récentes en neurosciences cognitives mettent en lumière l'impact positif de l'apprentissage moteur sur les fonctions exécutives chez les enfants. Ces fonctions, essentielles au contrôle cognitif, à la planification, à la flexibilité mentale et à la mémoire de travail, jouent un rôle crucial dans l'apprentissage scolaire et le développement global de l'enfant, (Behzadpour & Deschler, 2022). Les scientifiques affirment aussi que des exercices physiques accompagnés de musique favorisent la formation de réponses adéquates aux stimuli externes, ainsi que l'établissement de liens entre les schémas de mouvement, les processus mentaux émotionnels et cognitifs (Rodrigues et al., 2019). Cependant, pour optimiser ces bénéfices, il est essentiel d'explorer des méthodes d'enseignement innovantes et efficaces. L'intégration de l'apprentissage mixte, combinant des éléments d'apprentissage en ligne et en classe en éducation physique (Wang et al., 2022), peut aussi être une approche prometteuse pour enrichir l'enseignement de la danse aérobic et optimiser ses effets chez les enfants. Les effets de l'apprentissage mixte sur la danse aérobic et les fonctions exécutives ont été testés moyennant une étude quasi-expérimentale chez des élèves de la troisième année de l'enseignement de base (N=30 ; 8.4 ans). L'analyse de variance par mesures répétées (ANOVA) a été réalisée pour tester l'effet du groupe (contrôle et intervention) et du temps (pré- et post-intervention). Les statistiques descriptives calculées pour toutes les mesures des résultats montrent des différences significatives entre les deux groupes au niveau de tous les paramètres de l'étude. En rapport avec de nombreux travaux, un environnement éducatif hybride améliore non seulement l'aspect moteur et cognitif mais aussi favorise pour l'apprenant un meilleur engagement dans l'activité (Souissi et al., 2024, Kyriakidis et al., 2022).

Références

- Behzadpour, S., & Deschler, D. (2022). The impact of motor learning on executive functions in children: A systematic review and meta-analysis. *Frontiers in Psychology*, 13, 818228.
- Kyriakidis, G. et al. (2022). The effect of blended learning new technologies and direct video feedback on the long jump technique in primary school students. *Int. J. Hum – Comput. Interact.* 38, 529–540.
- Rodrigues, L. M., et al. (2019). The cognitive benefits of dance: A study of dance with music and its effect on emotional, mental, and behavioral responses. *Journal of Sport & Exercise Psychology*, 41(4), 234–245 45.
- Souissi, M.A., Toumi, L., Trabelsi, O. et al. (2024) The effect of blended learning on tacking technique improvement in preteen sailing. *Sci Rep* 14, 31972.
- Wang, C., Dev, R. D. O., Soh, K. G., Nasiruddin, N. J. M. & Wang, Y. (2022). Effects of blended learning in physical education among university students: a systematic review. *Educ. Sci.* 12, 530.

L'instruction de pointer plus vite rend le mouvement plus régulier après ataxie cérébelleuse : une étude cinématique d'une série de cas contrôle

Lucas Pignon^{1,2}, Ludovic Delporte^{1,2}, Patrice Revol^{1,2}, Lissette Arsenault^{1,2}, Gilles Rode^{1,2}, Yves Rossetti^{1,2}, Sébastien Mateo²

¹ Hospices Civils de Lyon, Hôpital Henry Gabrielle, Plateforme Mouvement et handicap, Hospices Civils de Lyon

² Centre de recherche en neurosciences de Lyon
Université Claude Bernard Lyon 1, Institut National de la Santé et de la Recherche Médicale, Centre National de la Recherche Scientifique

Mots clés : *Ataxie, Cervelet, Contrôle moteur*

Introduction

Les personnes atteintes d'une lésion du cervelet présentent une ataxie cérébelleuse (AC). Une caractéristique clinique de ces patients est de bouger avec moins de précision et de régularité. A ce jour, l'effet d'une instruction d'accélérer la vitesse sur la régularité du mouvement n'a pas directement été analysée. Ainsi, nous cherchons à étudier cet effet sur un geste de pointage (n'impliquant pas de préhension) et faisons l'hypothèse que l'augmentation de la vitesse de pointage rendrait le mouvement plus régulier après AC.

Matériel et Méthode

Les participants assis devant un support placé sur une table devaient toucher une des 3 cibles (gauche, centrale, droite) carrées de 1 cm de côté avec leur index dominant, en recevant l'instruction de pointer aussi vite (RAPIDE) ou aussi précisément (PRECIS) que possible. La cible centrale était distante de 80% de la longueur du membre supérieur. Quarante-deux mouvements étaient enregistrés (7 essais x 3 cibles x 2 conditions) au moyen d'un système d'analyse du mouvement Vicon® et de 4 marqueurs (index n=1, support n=3). Notre critère de mesure principal était le nombre de changements de direction (i.e., régularité du mouvement). Nos critères de mesure secondaires étaient la distance finale à la cible (i.e., précision), et le pic de vitesse (i.e., vitesse). Nous avons inclus les participants avec AC d'origine génétique confirmée par IRM anatomique et qui ne présentaient pas de symptôme non cérébelleux aux membres supérieurs. Le groupe contrôle était constitué de participants sains appariés en âge et en genre. Nous avons utilisé des modèles linéaires mixtes pour les analyses statistiques (seuil de significativité fixé à $p < 0.05$) et nous avons calculé la taille d'effet (d de Cohen) pour le critère de mesure principal.

Résultats

Dix participants ont réalisé l'analyse cinématique (AC : n=5). Chez les patients, le nombre de changements de direction était significativement plus élevé pour le pointage PRECIS (n=11) que RAPIDE (n=6, $p < 0.001$, d de Cohen=0.58). Chez les sujets contrôles, il n'y avait pas de différences significatives (n=4 pour les deux conditions, $p = 0.7$). Nous avons contrôlé l'observance aux instructions : i) la vitesse de la condition RAPIDE était significativement supérieure à celle de la condition PRECISE pour les patients (1701 mm/s vs 809 mm/s, $p < 0.001$) et les sujets contrôles (2132 mm/s vs 1270 mm/s, $p < 0.001$) ; ii) la distance à la cible était significativement inférieure pour la condition PRECIS que RAPIDE chez les patients (20mm vs 37mm, $p < 0.001$) et les contrôles (12mm, 15mm, $p = 0.04$).

Discussion

Nos résultats suggèrent que les patients avec AC pointant précisément effectuent des mouvements moins réguliers. De futures études sont nécessaires pour expliquer ce phénomène.

Short-term immobilization impairs direction programming and control of pointing movements

Cécile Scotto, Frédéric Danion, Yannick Blandin, Lucette Toussaint

Centre de Recherches sur la Cognition et l'Apprentissage

Centre National de la Recherche Scientifique : UMR7295

Key words: sensorimotor control, proprioception, immobilization, movement planning

Programming of movement direction is a key dimension in motor control, notably during pointing tasks. Although proprioception contributes to the programming of direction, particularly by transforming extrinsic visual coordinates related to the effector and target into intrinsic motor coordinates (Sober & Sabes, 2003), its role has not been as clearly demonstrated as that of vision. The immobilization paradigm offers a unique opportunity to reevaluate the role of proprioception in movement planning, free from compensatory strategies used by deafferented patients. The goal of the present study is to investigate the impact of 24 hours of upper-limb immobilization, and thus proprioception, on the motor control processes involved from planning to execution. By means of a pointing task toward visual targets presented at different angles under constant amplitude, we focus on the direction parameter. Participants performed pointing toward visual targets at five varying directions (0° , $\pm 22.5^\circ$, or $\pm 45^\circ$) - but a constant amplitude of 10 cm - without visual feedback of the hand. Participants were instructed to move as quickly and accurately as possible in a single movement with no correction to reflect early motor processes. Each block was composed of 50 trials with 10 repetitions for each of the five target directions. Pointing was performed on two consecutive days (Pre vs. Post sessions) by Control ($n=16$) and Immobilized ($n=16$) participants, the latter wore a splint on the right arm and an immobilization vest restraining their right shoulder, arm and forearm during this 24-hour period. Several kinematic parameters were computed: reaction time, directional error at peak acceleration and at peak velocity, as well as directional and amplitude error at movement end. Repeated-measures ANOVAs were conducted on these parameters using a mixed design with Group (i.e., Control vs. Immobilized) as between-subjects factor and Session (i.e., Pre vs. Post) and Target (i.e., -45° , -22.5° ; 0° , 22.5° and 45°) as within-subject factors. Results showed that immobilization lengthened the duration of movement planning (i.e., longer reaction time) necessary to specify hand-path direction. Besides, a greater counterclockwise directional bias appeared for the Immobilized group as early as peak acceleration and persisted until the movement end. These results suggested that immobilization impacted movement direction programming, as well as feedforward and feedback processes driving directional control. We argued that proprioception deprivation impairs the perception of limb position, leading to incorrect motor command selection. In everyday life, the internal model of the limb is constantly updated through movement (Wolpert & Ghahramani, 2000). However, following 24 hours of immobilization, the lack of proprioceptive feedback and efference copies impairs the updating of that internal model which incidentally leads to inaccurate predictions of movement sensory outcomes.

References

- Sainburg, R. L., Ghilardi, M. F., Poizner, H., & Ghez, C. (1995). Control of limb dynamics in normal subjects and patients without proprioception. *Journal of Neurophysiology*, 73(2), Article 2. <https://doi.org/10.1152/jn.1995.73.2.820>
- Sober, S. J., & Sabes, P. N. (2003). Multisensory integration during motor planning. *The Journal of Neuroscience: The Official Journal of the Society for Neuroscience*, 23(18), 6982-6992. <https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.23-18-06982.2003>.

REMERCIEMENTS

L'organisation à Dijon du colloque " Explorer le mouvement – Influence, actualité, pérennité de l'œuvre d'Etienne-Jules Marey ", du 7 au 9 juillet 2025, a nécessité l'engagement de différentes institutions, de commissions, de collègues et d'étudiants durant plusieurs mois de préparation.

Dans ce projet, les partenaires institutionnels (Pôle Recherche de l'Université Bourgogne Europe, UFR STAPS Dijon - Le Creusot), scientifiques (Laboratoire Inserm CAPS U1093), privés (Biométrie, Trinoma, Domaines Albert Bichot, la Casden, ABB Reportage, Librairie Gibert) et associatifs (Les amis de Marey, des Sciences et des Arts) nous ont apportés tout leur soutien. Nous les remercions chaleureusement.

L'équipe d'organisation du colloque a bénéficié de la compétence d'Elise Baverel chargée de communication, ainsi que de l'engagement de toutes les équipes administratives de l'UFR STAPS (direction, service financier, informatique et audio-visuel), ainsi que du secrétariat du Laboratoire CAPS.

Trois étudiants de Master 2 de la filière APAS de l'UFR STAPS Dijon - Le Creusot et plusieurs doctorants ont contribué à la bonne organisation des journées d'échanges. Nous espérons que l'expérience aura été formatrice pour Jessica Bazin, Louis Cointre et Martin Prévost.

Nous remercions tous les conférenciers pour leurs riches contributions et analyses. Au total, 43 communications ont été programmées. Le comité scientifique et les modérateurs chargés d'animer les sessions ont contribué également à la bonne tenue de l'évènement.

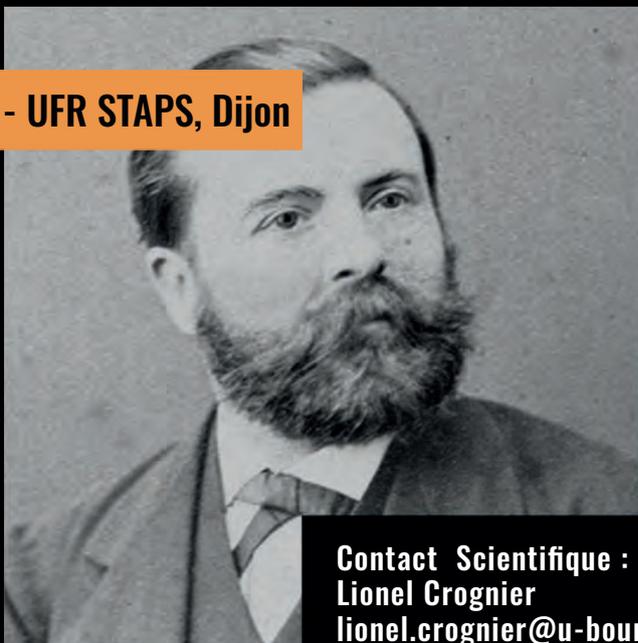
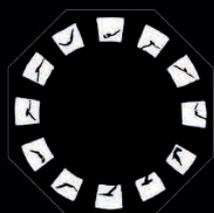
Enfin, nous espérons que les auditeurs ont pris autant de plaisir à participer aux échanges que les organisateurs en ont eu pour préparer le programme. Les organisateurs seraient alors totalement comblés.

Lionel Crognier,
Au nom des organisateurs

COLLOQUE EXPLORER LE MOUVEMENT

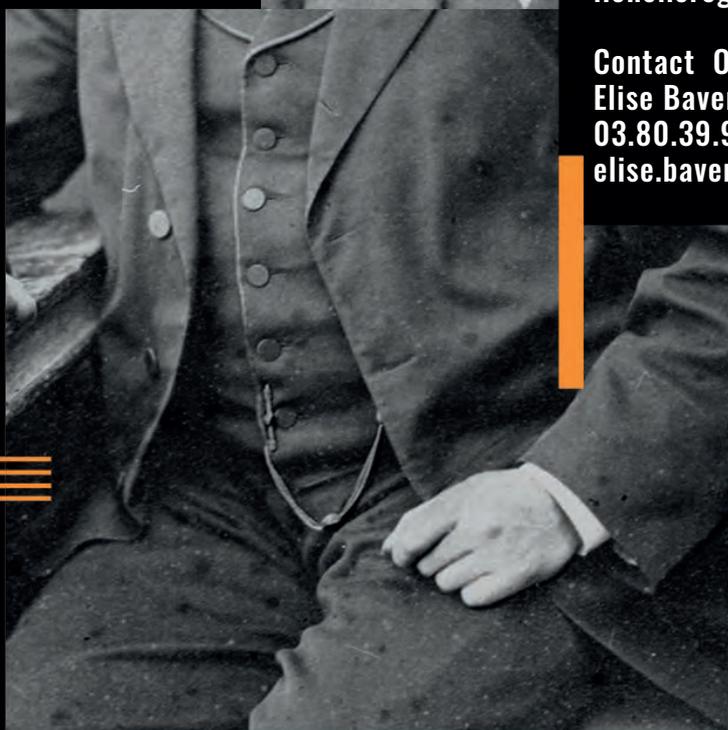


7 > 9 JUILLET 2025 - UFR STAPS, Dijon



Contact Scientifique :
Lionel Crognier
lionel.crognier@u-bourgogne.fr

Contact Organisation :
Elise Bavarel
03.80.39.90.15
elise.bavarel@u-bourgogne.fr



Université Bourgogne Europe - UFR STAPS
3 allée des Stades Universitaires
BP 27877 - 21078 Dijon cedex

<https://blog.u-bourgogne.fr/colloque-explorer-le-mouvement>

