

<b>Zeitschrift:</b>	Itinera : Beiheft zur Schweizerischen Zeitschrift für Geschichte = supplément de la Revue suisse d'histoire = supplemento della Rivista storica svizzera
<b>Herausgeber:</b>	Schweizerische Gesellschaft für Geschichte
<b>Band:</b>	39 (2016)
<b>Artikel:</b>	Les apports de la cinésiologie dans l'approche expérimentale pluridisciplinaire de l'étude du geste historique : l'étude de cas de l'impact du port de l'armure sur le comportement moteur
<b>Autor:</b>	Jaquet, Daniel
<b>DOI:</b>	<a href="https://doi.org/10.5169/seals-1077832">https://doi.org/10.5169/seals-1077832</a>

#### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

#### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

#### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 21.02.2026

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

# Les apports de la cinésiologie dans l'approche expérimentale pluridisciplinaire de l'étude du geste historique: l'étude de cas de l'impact du port de l'armure sur le comportement moteur

Daniel Jaquet

Cet article propose d'évaluer les bénéfices d'une approche interdisciplinaire impliquant notamment la cinésiologie dans l'étude du geste martial historique, en particulier pour son expérimentation. Après quelques remarques épistémologiques et méthodologiques, une étude de cas sur l'impact biomécanique du port de l'armure sera brièvement présentée. Une revue des résultats permettra de mettre en lumière les apports et les limites de la méthode à l'étude du geste, spécifiquement pour l'approche expérimentale et la mise en place de protocoles d'expérimentation.

L'étude des arts martiaux historiques européens est principalement nourrie par le corpus de sources des livres de combat.<sup>1</sup> Cette littérature technique, encore relativement peu étudiée, pose un certain nombre de problèmes interprétatifs, notamment au niveau du lexique technique, de la mise par écrit des techniques (codification, inscription, description), du rapport entre texte et image pour les témoins comportant les deux éléments et de ses potentielles fonctions dans les processus de transmission du savoir martial (espace discursif, valeur didactique, objet de mémoire).

Dans le cadre de mes recherches sur le sujet, j'ai choisi d'utiliser l'expérimentation comme méthode complémentaire d'analyse aux approches disciplinaires plus classiques pour l'étude des documents et de l'histoire des techniques. J'emploie des démarches expérimentales poursuivant deux objectifs principaux. Le premier revient à réduire les abstractions textuelles et iconographiques. A ce sujet, ainsi que pour la question de la place de l'expérimentation dans l'étude du geste en sciences humaines, je renvoie le lecteur à l'article rédigé avec Dora Kiss proposant une comparaison entre nos deux champs d'études (danse et arts martiaux).<sup>2</sup> Le second prend en compte la culture matérielle et les contextes d'application des gestes codifiés et s'applique à mesurer l'impact de ces derniers dans la performance du

1 Pour une introduction au sujet, voir les études réunies et la bibliographie dans Daniel Jaquet (éd.), *L'art chevaleresque du combat: le maniement des armes à travers les livres de combat (XIV<sup>e</sup>–XVI<sup>e</sup> siècle)*, Neuchâtel 2013. Voir également le fascicule de Sergio Boffa, *Les manuels de combat (Fechtbücher et Ringbücher)*, Turnhout 2014 (Typologie des sources du Moyen Age occidental 84).

2 Daniel Jaquet et Dora Kiss, *L'expérimentation du geste martial et artistique: regards croisés*, in: *E-Phaïstos* 3/2 (2015).

geste. Dans le cadre de mes recherches doctorales,<sup>3</sup> j'ai mené l'enquête sur le combat en armure au travers d'un large corpus de sources couvrant la période entre la fin du XIV<sup>e</sup> siècle et le deuxième tiers du XVI<sup>e</sup> siècle. L'étude de cas proposée ci-dessous s'inscrit dans cette recherche.

### *L'investigation des savoirs sensorimoteurs et étude diachronique de techniques corporelles*

Très peu de recherches prosopographiques ont été entreprises sur les auteurs des livres de combat, encore moins sur les parcours intellectuel et matériel des œuvres. Les chercheurs ne s'accordent pas tous sur l'identification des publics cibles et des contextes d'application des gestes techniques. Toutefois, la plupart s'accordent sur le fait que la majorité de cette littérature technique a été produite par des détenteurs du savoir martial et est principalement destinée à des praticiens, comme démontré par J.-D. Müller.<sup>4</sup> Cette constatation implique donc qu'une partie des savoirs nécessaires à la performance de ces gestes (nommés «savoirs sensorimoteurs» ci-après) ne sont pas mis par écrit, car supposés sus par le lectorat.<sup>5</sup> Le lecteur moderne est ainsi forcé de travailler en émettant un certain nombre d'hypothèses sur ces prérequis qu'il est quasiment impossible d'établir à partir de l'étude de documents.<sup>6</sup> Ceux-ci composent donc autant de pièces manquantes au puzzle et rendent *de facto* les interprétations modernes discutables.

Le problème principal de la validité (scientifique et pragmatique) d'une action performée de manière diachronique d'après l'analyse de sa mise à l'écrit s'inscrit à deux niveaux distincts. Le premier est relatif à l'ensemble des procédés permettant

3 Daniel Jaquet, *Combattre en armure à la fin du Moyen Age et au début de la Renaissance d'après les livres de combat*, thèse de doctorat, Université de Genève 2013. Publication chez Brepols (coll. *De diversis artibus*), en préparation.

4 Jan-Dirk Müller, *Bild–Vers–Prosakommentar am Beispiel von Fechtbüchern. Probleme der Verschriftlichung einer schriftlosen Praxis*, in: Hagen Keller, Klaus Grubmüller, Nikolaus Staubach (éd.), *Pragmatische Schriftlichkeit im Mittelalter: Erscheinungsformen und Entwicklungsstufen* (Akten des Internationalen Kolloquiums, 17.–19. Mai 1989), München 1992, pp. 251–282. *Idem*, Zwischen mündlicher Anweisung und schriftlicher Sicherung von Tradition. Zur Kommunikationsstruktur spätmittelalterlicher Fechtbücher, in: Wolfram Herwig (éd.), *Kommunikation und Alltag in Spätmittelalter und früher Neuzeit* (internationaler Kongress, Krems an der Donau, 1990), Wien 1992, pp. 379–400. *Idem*, Hans Lecktühner Messerfechtlehre und die Tradition, in: *idem* (éd.), *Wissen für den Hof der spätmittelalterlichen Verschriftungsprozess am Beispiel Heidelberg im 15. Jahrhundert*, München 1994, pp. 355–384.

5 Voir à ce sujet, le concept de savoir tacite (*tacit knowing*) appliqué au livre de combat dans Eric Burkart, *Die Aufzeichnung des Nicht-Sagbaren. Annäherung an die kommunikative Funktion der Bilder in den Fechtbüchern des Hans Talhofer*, in: *Das Mittelalter* 19 (2014), pp. 253–301.

6 Ce point a été relevé par de nombreuses études, pour les questions relatives à l'entraînement martial des combattants en armure, voir notamment Gregory Malszecki, *The armoured body: Knightly Training and Techniques for Combative Sports in the High Middle Ages*, in: John McClelland and Brian Merrillees (éd.), *Sport and culture in early modern Europe*, Toronto 2010, pp. 115–125.

l'interprétation du média (texte, image, signe) qui, suivant les cas, peuvent faire l'objet d'un nombre variable d'hypothèses ayant un impact sur la performance. Le second est lié intrinsèquement au savoir sensorimoteur<sup>7</sup> de l'individu performant l'action.<sup>8</sup> Le concept de savoir sensorimoteur est lié à celui de la corporalité qui regroupe non seulement les attributs physiologiques du corps, mais également l'ensemble de ses *habitus*<sup>9</sup> dans le sens de ses «modes d'action» et de leur influence sur le comportement tel que défini par M. Mauss puis P. Bourdieu.

Il s'agit d'un problème central de la démarche expérimentale – ou expérientielle<sup>10</sup> –, puisqu'il y a, dans notre cas, un fossé d'un demi-millénaire qui sépare la corporalité de l'expérimentateur et celle du pratiquant investigué. Il a toutefois été démontré qu'il existe des moyens pour aborder ce problème et «historiciser» la corporalité.<sup>11</sup> Néanmoins, ces différents moyens sont discutables et critiquables en fonction d'une part des méthodes et des objectifs du chercheur et, d'autre part, des sources à sa disposition. Il s'agit de poser concrètement les problèmes qui sont les nôtres dans le cadre de notre démarche et de proposer les moyens de résoudre les problématiques, tout en sachant que vouloir «retrouver» ou «reproduire» une corporalité historicisée d'un combattant en armure est un objectif inaccessible. D'ailleurs, cela ne fait pas partie des buts de nos travaux, l'expérimentation étant

7 Dans le premier sens du terme: qui relève à la fois des fonctions sensorielles et de la motricité. Ce concept est largement utilisé en psychologie, en psychopathologie et en particulier dans les études du développement de l'enfant. Ce type de savoir est déjà décrit et utilisé par Jean Piaget (*Introduction à l'épistémologie génétique*. Vol. 1 *La pensée mathématique*, Paris 1950.). Un autre terme qui se base sur ce concept est également employé: l'intelligence sensorimotrice, qui correspond à la capacité d'utiliser consciemment ou inconsciemment ce savoir.

8 Problème déjà soulevé et traité par de nombreux chercheurs, voir Robert Cooter: «Of central concern to these scholars was the question of how to make the lived experience of the past a part of the living present, or how to put the experiential sense of presence into history writing», Roger Cooter, *The turn of the body: history and the politics of the corporeal*, in: *Arbor : Ciencia, Pensamiento y Cultura* 743 (2010), pp. 393–405, cit. p. 399.

9 Selon Pierre Parlebas: «Habitudes et attitudes socialement acquises qui sous-tendent et prédéterminent partiellement les façons de penser, de sentir et d'agir de tout individu et traduisent notamment le rapport qu'il entretient avec son corps», Pierre Parlebas, *Jeux, sports et sociétés: Lexique de praxéologie motrice*, Paris 1999, p. 154.

10 La distinction entre les deux démarches repose sur la nature, mais surtout l'objectif de l'entreprise. Voir l'introduction du volume, mais également l'exemple traité dans Daniel Jeffrey, *Experiential and Experimental Archaeology with Examples in Iron Processing*, in: *Institute for Archaeo-Metallurgical Studies Newsletter* 24 (2004), pp. 3–16. Pour une approche plus générale de l'expérimentation archéologique, voir l'article de référence de Peter J. Reynolds, *The Nature of Experiment in Archaeology*, in: Anthony F. Harding (éd.), *Experiment and Design: Archaeological Studies in Honour of John Coles*, Oxford/Oakville 1999, pp. 156–62.

11 Différentes méthodes sont revues, discutées ou proposées dans Adam Bencard, *History in the flesh – investigating the historicized body*, thèse de doctorat, Université de Copenhague 2008. Voir également l'approche théorique et interdisciplinaire par la bioarchéologue Joanna R. Sofaer, *The body as Material Culture: a Theoretical Osteoarchaeology*, Cambridge 2006. De manière plus générale, voir l'ouvrage de synthèse de Daniel Lieberman, *The Story of the Human Body: Evolution, Health, and Disease*, New York 2013.

utilisée soit pour pallier un manque de sources, soit pour valider des hypothèses établies dans le cadre de l'analyse documentaire ou de l'étude des objets.

### ***L'étude de la culture matérielle et de son impact sur la performance gestuelle***

Les objets conservés (mobilier des collections et objets archéologiques) peuvent permettre d'aborder une partie des problématiques, pour autant que leur étude ne soit pas inerte (à partir des mesures prises par les institutions ou des observations à travers une vitre), alors que c'est leur comportement mécanique ou dynamique qui est fondamental. La preuve de concept établie par mes travaux consiste à étudier le port de cet équipement et son influence physiologique et mécanique sur le comportement moteur d'expérimentateurs, de manière à pouvoir dégager des postulats comblant les éléments manquants du discours technique des livres de combat. Si ces livres proposent des techniques de combat spécifiques pour les affrontements en armure, ils ne justifient pas cette partition logique. En effet, des techniques similaires entre les registres de combat sans et avec armure sont proposées de manière sensiblement différente. La raison principale de ces différences de traitement est le port de l'armure (protection élevée rendant obsolète une partie des attaques sur un corps non protégé, limitation relative de certains mouvements employés de manière offensive et défensive, maniement des armes spécifiques pour optimiser leur potentiel vulnérant contre un corps protégé, etc.). Toutefois, au-delà de déductions logiques, quasiment aucun travail ne rend compte de tentatives de quantification ou d'approches expérimentales sur ces problématiques.

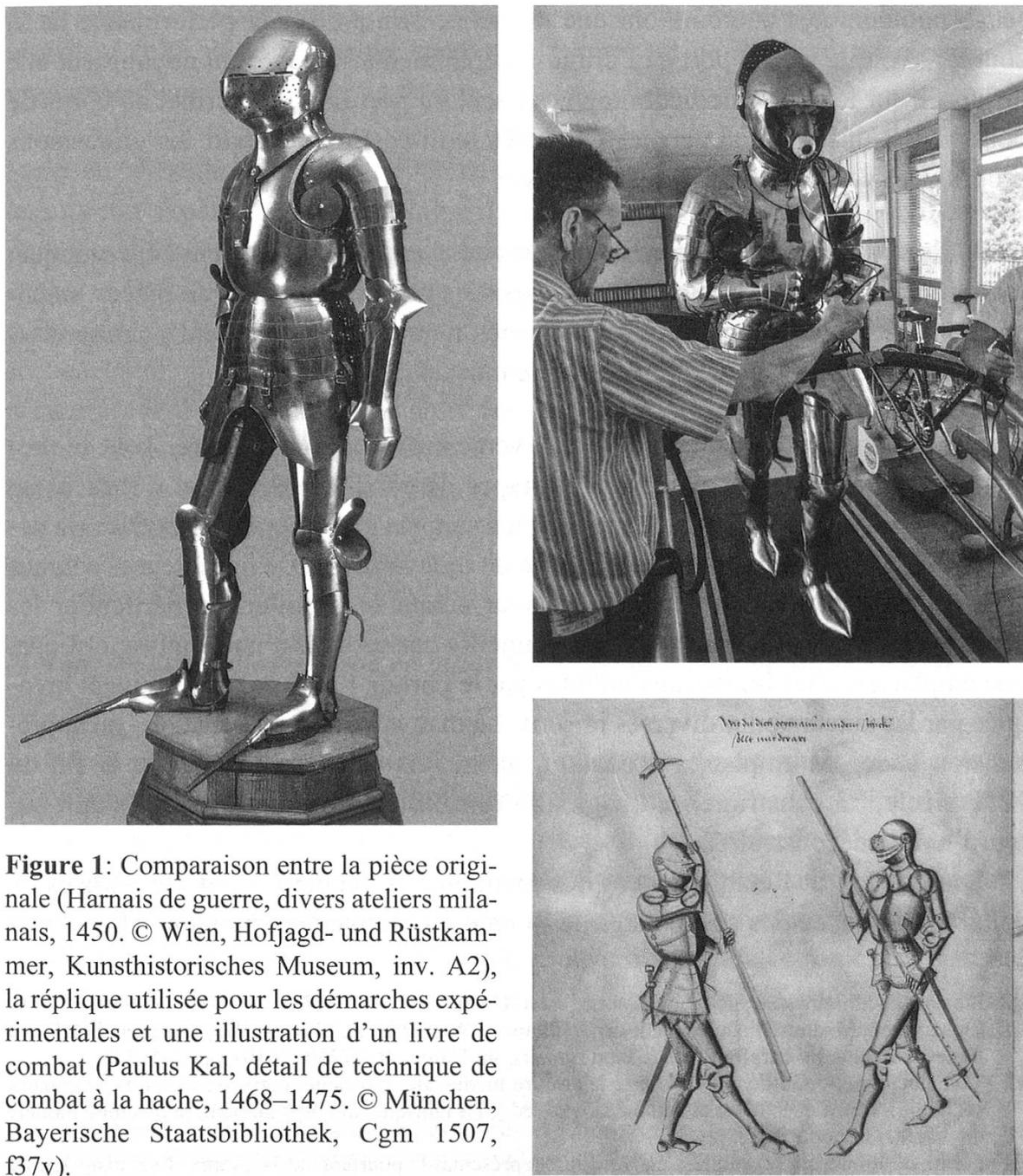
J'ai travaillé avec une réplique réalisée dans une démarche d'archéologie expérimentale<sup>12</sup> – consistant à retrouver les éléments fonctionnels de la pièce originale, pas uniquement son apparence – d'un harnais du milieu du XV<sup>e</sup> siècle,<sup>13</sup> représentatif des illustrations des livres de combat (Fig. 1).<sup>14</sup> Cette réplique a été portée régulièrement par l'expérimentateur de manière à «habituer» le corps.<sup>15</sup> Cet élément

12 Réalisée avec une équipe d'experts, financée par la fondation Ernst et Lucie Schmidheiny.

13 Le harnais est attribué au comte Palatin Frédéric le Victorieux (1425–1476), conservé à Vienne (voir légende de la Fig. 1). Voir notamment à ce sujet, Ortwin Gamber et Bruno Thomas, *Katalog der Leibrüstkammer: Der Zeitraum von 500 bis 1530*, Wien 1976, p. 58; Lionello Giorgio Boccia et Natalia Masserano, *Armi difensive dal Medioevo all'Età Moderna*, Firenze 1982, pp. 60, 79, 90 et 105, et Alan R. Williams, *The knight and the blast furnace: a history of the metallurgy of armour in the Middle Ages & [and] the early modern period*, Leiden 2003, pp. 95–96.

14 Les raisons ayant présidé au choix de ce harnais, ainsi que la description des procédés de fabrication de la réplique sont discutées dans Jaquet, *Combattre en armure...*, *op. cit.*, vol. 2, pp. 296–314. La comparaison entre ce type de harnais et les représentations dans les livres de combat font également l'objet de développement dans Nicolas Baptiste, «L'armure et ses typologies. Etude comparée des représentations et des objets», in: Jaquet (éd.), *L'art chevaleresque du combat...*, *op. cit.*, pp. 121–152, pour le harnais en question, pp. 132–134.

15 L'engagement corporel répété permet au corps de construire des «habitudes motrices», voir John Edward Russon, *Human Experience Philosophy, Neurosis, and the Elements of Everyday Life*,



**Figure 1:** Comparaison entre la pièce originale (Harnais de guerre, divers ateliers milanais, 1450. © Wien, Hofjagd- und Rüstkammer, Kunsthistorisches Museum, inv. A2), la réplique utilisée pour les démarches expérimentales et une illustration d'un livre de combat (Paulus Kal, détail de technique de combat à la hache, 1468–1475. © München, Bayerische Staatsbibliothek, Cgm 1507, f37v).

est d'importance, puisqu'il a bien été démontré, par exemple dans le cadre de la course à pied, que le port d'équipement spécifique ainsi que les savoirs

Albany 2003, pp. 29–30. Pour une étude issue des sciences cognitives sur ce type «d'habituation», voir Elizabeth Thelen, Time-Scale Dynamics and the Development of an Embodied Cognition, in: Robert F. Port and Timothy van Gelder (éd.), *Mind as Motion Explorations in the Dynamics of Cognition*, Cambridge 1995, pp. 69–100.

sensorimoteurs des coureurs ont une influence critique sur la performance de la course.<sup>16</sup> Pour le cas du port de l'armure, les éléments suivants ont notamment une influence sur le comportement moteur et seul un port régulier permet au corps de pouvoir optimiser d'une part les capacités motrices, d'autre part les dimensions proprioceptives relatives à la performance:

- le surpoids déplace le centre de gravité et augmente la dépense énergétique;
- les limitations de mouvement imposées par l'articulation de pièces métalliques rigides modifient les capacités motrices et nécessitent pour certains mouvements le développement de musculature spécifique.

Le port de l'armure conditionne le mouvement du corps par nature. Tout le problème consiste à établir quels sont les types de conditionnement et à trouver un moyen de les quantifier, afin de mesurer leur impact sur la conduite motrice (la dépense énergétique et les degrés de liberté de mouvement). De nombreuses sources attestent de ce conditionnement sans pour autant le détailler, en particulier les sources narratives.<sup>17</sup> Il faut toutefois soumettre ces sources à une analyse critique, une emphase sur les limitations induites par le port de l'armure étant souvent invoquée par les auteurs pour diverses raisons. La mauvaise compréhension – ou appréhension – de ces emphases a conduit, au travers des publications de la fin du XIX<sup>e</sup> siècle,<sup>18</sup> à construire un imaginaire romantique de l'armure qu'il s'agit aujourd'hui de déconstruire.

Les travaux et l'établissement des méthodes de recherche ont été réalisés en collaboration avec des spécialistes de l'étude du mouvement humain.<sup>19</sup> Les outils

16 Il existe de nombreuses publications sur le sujet. Un des articles de référence en la matière: Daniel E. Liebermann, Madhusudhan Vendadesan, William A. Werbel [et al.], Foot strike patterns and collision forces in habitually barefoot versus shod runners, in: *Nature* 463/7280 (2010), pp. 531–535.

17 Voir notamment: Guillemette Bolens, L'armure médiévale: motricité, corps de métal et imaginaire social, in: Véronique Adam et Anna Caizollo (éd.), *La fabrique du corps humain: la machine modèle du vivant*, Grenoble 2010, pp. 313–350.

18 Parmi de nombreux exemples, en voici un représentatif, pourtant de la plume d'un historien de l'escrime: «Rough and untutored fighting of the Middle Ages represented faithfully the reign of brute force in social life as well as in politics. The stoutest arm and the weightiest sword won the day [...] those were the days of crushing blows with mace or glaive, when a knight's superiority in action depended on his power of wearing heavier armour and dealing heavier blows than his neighbour, when strength was lauded more than skill, and minstrels sang of enchanted blades that naught could break», Egerton Castle, *Schools and Masters of Fence, from the Middle Ages to the Eighteenth Century*, London 1885, p. 32.

19 Les travaux ont été réalisés entre 2011 et 2012 dans trois laboratoires avec les spécialistes suivants: le laboratoire de l'Unité d'orthopédie et de traumatologie du sport (UOTS, resp. Dr. Jean-Luc Ziltener); le laboratoire de cinésiologie Willy Taillard (Hôpitaux universitaires de Genève, resp. Dr. Stéphane Armand) et le studio de capture de mouvement de la Fondation Artanim (resp. Dr. Caecilia Charbonnier). Ma gratitude va en particulier au professeur Bengt Kayser (ISSUL, Université de Lausanne et Genève), qui a coordonné les travaux et lui-même traité les données des expérimentations relatives à la dépense énergétique, et au Dr. Alice Bonnefoy Mazure, qui a traité les données pour les limitations

et les méthodes scientifiques développées pour l'étude du geste, dans le cadre clinique ou celui de la recherche médicale, permettent aujourd'hui de mesurer le mouvement humain jusqu'à un niveau de détail très serré, par l'implémentation de modèles mathématiques à l'analyse de captation vidéo de mouvements. La cinésiologie, en particulier l'approche cinématique, permet notamment la mesure de simulations et d'expérimentations de séries de mouvements complexes et l'analyse critique des données. Les objectifs principaux de nos travaux étaient ainsi la quantification et l'étude des dépenses énergétiques, ainsi que des limitations de mouvement dans les trois plans de l'espace par une comparaison des performances de séquences de mouvement avec et sans armure. Le premier objectif a fait l'objet d'un précédent proposé par une autre équipe de recherche.<sup>20</sup> Les résultats obtenus par nos travaux correspondent aux mesures effectuées, même si nos conclusions et notre analyse sont quelque peu divergentes.<sup>21</sup> Je propose donc de ne présenter ici que les résultats obtenus pour l'analyse cinématique des limitations de mouvement.

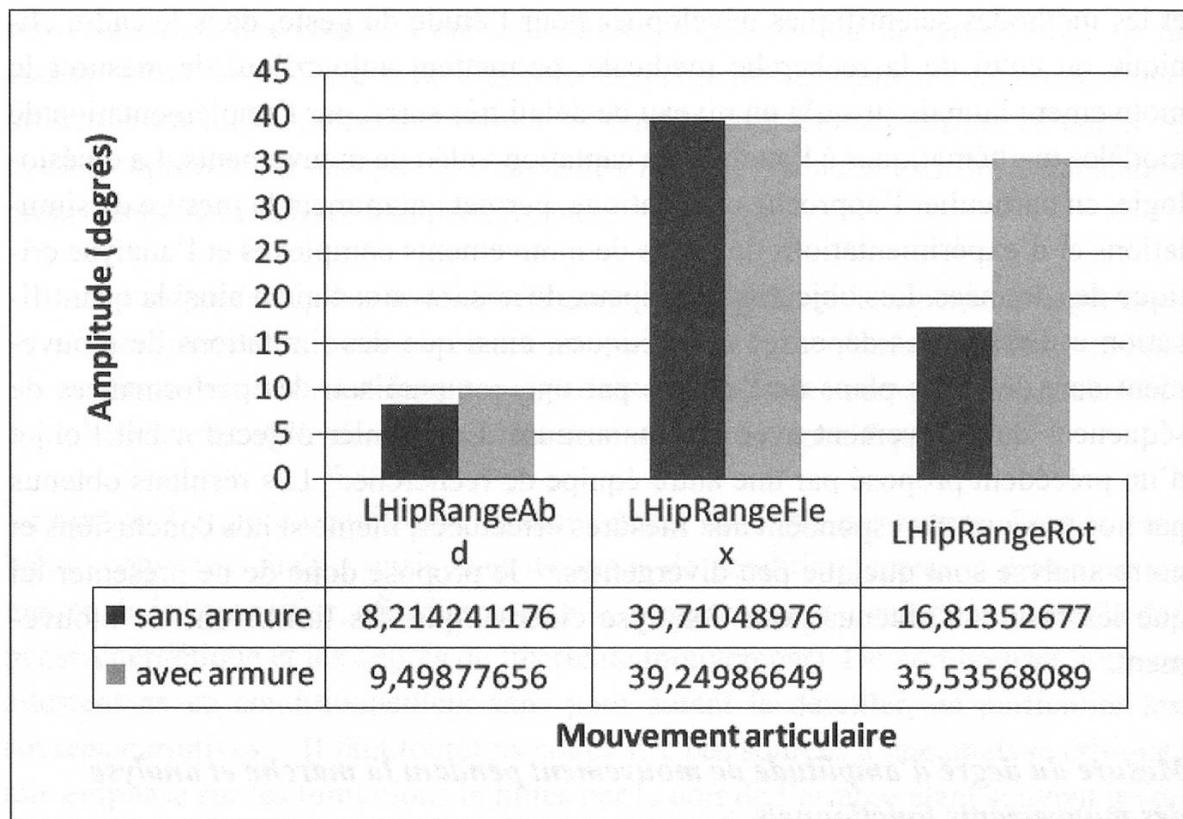
### ***Mesure du degré d'amplitude de mouvement pendant la marche et analyse des mouvements fonctionnels***

Le but de ce protocole expérimental a été de mesurer et de comparer les amplitudes articulaires dans les trois plans de l'espace développées au cours de mouvements réalisés par un expérimentateur «avec et sans armure», afin de quantifier et de déterminer l'impact du port de l'armure sur les mouvements humains simples tels que la marche et plus complexes tels que des mouvements fonctionnels (Fig. 2).

Pour cela, des systèmes d'analyse du mouvement optoélectroniques<sup>22</sup> ont été utilisés afin d'enregistrer les mouvements. Puis, à partir de l'enregistrement de ces

de mouvement, fourni les rapports et collaboré à la présentation de nos travaux lors du colloque. Voir l'article présentant les résultats détaillés de ces expériences dans la revue *Historical Methods*, en préparation (Range of motion and energy cost of locomotion of the late medieval armoured fighter: confronting the medieval technical literature with modern movement analysis.).

- 20 Graham N. Askew, Frederico Formenti et Alberto E. Minetti, Limitations imposed by wearing armour on Medieval soldier's locomotor performance, in: *Proceedings of the Royal Society: Biological Sciences* 279/ 1729 (2012), pp. 640–644.
- 21 Comme le font remarquer les auteurs, la répartition du poids de l'armure sur l'ensemble du corps permet des performances étonnantes en comparaison des expériences menées avec le même type de surcharge, mais via un sac à dos. Il est néanmoins dommage que cet article mette en perspective les résultats de l'expérience dans un contexte de batailles rangées précédant l'équipement employé de près d'un siècle (Crécy 1346 et Agincourt 1415, alors que les répliques sont d'une typologie datant au mieux de la seconde moitié du XV<sup>e</sup> siècle). De plus, le poids de l'armure peut être utilisé dans des récits de bataille comme un type d'emphase dramatique et non comme observation objective dans les sources narratives, en particulier pour le cas cité (le récit des batailles mentionnées par Jean Froissard).
- 22 12 caméras VICON MX3+ pour le laboratoire de cinésiologie Willy Taillard (HUG); 24 caméras VICON MXT40S pour le studio d'enregistrement de mouvement de la Fondation Artanim (Genève).



**Figure 2:** Détail des mesures du mouvement de la hanche gauche pendant la marche.

mouvements, une analyse cinématique 3D a permis de quantifier, de comparer et de décrire de façon objective les mouvements articulaires réalisés par l'expérimentateur «avec et sans armure».

Après une phase de calibration des caméras permettant de définir le volume de mesure, des marqueurs cutanés passifs rétro-réfléchissants sont collés sur la peau, et dans notre cas, sur la structure même de l'armure.<sup>23</sup> Ensuite, l'expérimentateur a effectué librement des déplacements<sup>24</sup> ou des séries de mouvements<sup>25</sup> au centre du volume observé. La lumière infrarouge est émise par les diodes placées autour des

23 L'expérimentateur a été équipé de 39 marqueurs rétro-réfléchissants collés directement sur la structure de l'armure. Afin de respecter au mieux le modèle cinématique utilisé par la suite de cette étude et de pouvoir comparer les données enregistrées «avec armure» à celle enregistrées «sans armure», les marqueurs ont été collés au plus près des points anatomiques classiquement utilisés au cours d'une analyse quantifiée de la marche en laboratoire.

24 Pour la marche, cinq aller-retour dans le volume d'espace mesurés à vitesse de marche naturelle. Les cycles de marche correspondent à l'instant où le talon touche le sol, puis au décollement des orteils et à l'instant où le talon touche à nouveau le sol. Le cycle de marche se décompose en deux phases, une phase dite d'appui durant laquelle le membre inférieur est en charge, et une phase dite de balancement ou oscillante durant laquelle le membre inférieur n'est pas en contact avec le sol.

25 Pour les mouvements fonctionnels, cinq répétitions des mouvements de flexion/extension, d'adduction/abduction et de rotation interne/externe pour chaque articulation, c'est-à-dire: chevilles, genoux, hanches, pelvis, épaules, coudes et poignets.

objectifs. Cette lumière est réfléchie passivement par les marqueurs vers les caméras qui transforment le signal lumineux en signal électrique grâce à des capteurs photoélectriques. Les données sont alors traitées et exportées sur un logiciel d'acquisition.<sup>26</sup> Le temps mis par le rayon pour être réfléchi est analysé et permet de déterminer la position du marqueur. Grâce à la synchronisation de plusieurs caméras, on peut décrire géométriquement le marqueur dans l'espace tridimensionnel défini à partir de l'étape de calibration.<sup>27</sup>

### **Résultats et interprétation de l'étude de cas<sup>28</sup>**

L'impact du port de l'armure sur l'amplitude des mouvements est observable, mais relatif. Dans certains cas, l'amplitude des mouvements avec armure est même plus élevée que sans armure. Pour la marche, la différence mesurée est minime (différence moyenne pour la marche 2,48%)<sup>29</sup>.

Les cas observés où l'amplitude de mouvement est plus grande avec le port de l'armure que sans s'expliquent d'une part par la conception de l'équipement qui tend à favoriser un type de mouvement par rapport à un autre, d'autre part par le poids de ce dernier qui a un impact sur la dynamique par la force inertielle. Par exemple, pendant la marche, les mouvements de la hanche ont une amplitude plus élevée (mesurée jusqu'à 15%) avec le port d'armure que sans (Fig. 2).

D'ailleurs, une partie des pièces d'armement défensif que j'ai pu observer et manipuler démontrent une amplitude de mouvement potentielle plus élevée que l'amplitude naturelle moyenne. Par exemple, certains gantelets permettent une flexion extrême du poignet, alors qu'ils limitent l'adduction et l'abduction. Toutefois, ce type d'examen doit être effectué au cas par cas sur les pièces et ne permet en aucun cas de tirer des généralités. Il est possible de soupçonner que ce type de mobilité revêt un caractère tactique. Certains mouvements en combat doivent être limités pour éviter une fracture ou protéger un endroit spécifique, tandis que d'autres doivent être libres de toute contrainte. Les résultats de l'expérience

26 Labellisation et traitement des données par le logiciel Vicon Nexus 1.7.1 (Vicon Peak, Oxford, UK). Après le traitement proprement dit des données, les courbes cinématiques correspondant aux mouvements dans les trois plans de l'espace ont été calculées grâce au logiciel Nexus 1.8 software (Vicon Peak, Oxford, UK) and Matlab 2012a (MathWork, USA).

27 Aurelio Cappozzo, Ugo Della Croce, Alberto Leardini [et al.], Human movement analysis using stereophotogrammetry. Part 1: theoretical background, in: *Gait & posture* 21/2 (2005), pp. 186–196.

28 L'ensemble des résultats sont consultables dans la thèse citée en note 3 et l'expérience fait l'objet d'un article à paraître: Daniel Jaquet, Alice Bonnefoy-Mazure, Stéphane Armand [et al.], Range of motion and energy cost of locomotion of the late medieval armoured fighter: confronting the medieval technical literature with modern movement analysis, in: *Historical Methods*.

29 Cette moyenne est obtenue par la différence des moyennes des trois degrés de liberté de mouvement entre séries avec et sans port de l'armure. La différence la plus élevée est de 22°; la plus faible de -18°.

tendent à étayer cette hypothèse, même s'il faudrait effectuer une série d'expérimentations supplémentaires spécifiquement sur ce point pour pouvoir l'attester.

Dans le cadre de la mesure des mouvements fonctionnels, certains mouvements complexes ou spécifiques sont limités comme la flexion de l'épaule (limitation causée par l'articulation des plaques défendant l'épaule),<sup>30</sup> mais ce mouvement n'a pas d'utilité dans une situation de combat, au contraire, il expose une faiblesse (l'aisselle). Un autre exemple est observable dans la flexion/extension du coude, nécessaire au geste du combat, mais dont l'extension maximale est limitée par l'articulation des plaques pour protéger le coude contre une contrainte adverse visant à la dislocation,<sup>31</sup> alors que l'amplitude de la flexion/extension utile en combat n'a pas de contrainte. D'autres mouvements utiles en combat comme l'adduction du bras ne sont pas limités, même en amplitude maximale.<sup>32</sup>

De plus, un autre facteur influe de manière importante sur ces résultats: les contraintes imposées par le port du vêtement, qui n'ont pas été mesurées. En effet, il est possible d'observer que le vêtement impose des contraintes plus élevées que l'armure elle-même. Ainsi la flexion/extension du bras et l'abduction/adduction de la hanche<sup>33</sup> sont fortement contraintes en raison des défenses de maille cousue sur le vêtement. Le peu de recherches effectuées sur ces vêtements spécifiques, en particulier sur les défenses de maille, et la relative rareté de sources (matérielles et documentaires) rendent alors la démarche expérimentale de recréation de ces vêtements conjecturelle. La solution choisie dans cette version du vêtement est donc peut-être à revoir. Des recherches et des tests expérimentaux mesurant l'impact spécifique du vêtement sur l'amplitude des mouvements doivent ainsi être menés.<sup>34</sup>

Bien entendu, ce type de démarche implique la prise en compte des limites abordées ci-dessus. En particulier, la question de la performance diachronique de gestes mis par écrit qui nécessite de s'interroger d'une part sur le statut de cette mise par écrit et sur les problèmes interprétatifs, d'autre part sur les questions relatives à la distance entre la corporalité et les savoirs sensorimoteurs du public de destination de la littérature technique et des expérimentateurs. De plus, le fait que l'équipement porté soit une réplique implique une série de limites supplémentaires.

30 Flexion/extension de l'épaule: différentiel de 66.27°. Il s'agit de la valeur la plus élevée du test.

31 Flexion/extension du coude: différentiel de 36.8°.

32 Au contraire, elle est même favorisée par le port de l'armure. Adduction du bras: différentiel négatif de 0.46°.

33 Abduction/adduction de la hanche: différentiel de 29.91°.

34 A noter que très peu d'études ont été consacrées à la question du vêtement d'armes. Voir à ce sujet Tobias Capwell, *A depiction of an Italian arming doublet, c. 1435–45*, in: *Historische Waffen- und Kostümkunde* 44/2 (2002), pp. 77–196.

Hormis cette série de limites liées à la démarche, les limites suivantes doivent être prises en considération. Ces différents protocoles n'ont été testés que sur un seul sujet. Leur valeur scientifique selon les critères en vigueur est donc relative. Il s'agit de preuves de concept qui appellent d'autres protocoles d'une part pour confirmer les résultats, d'autre part pour approfondir différents points relevés précédemment, même si nous pouvons néanmoins nous baser sur des résultats connexes d'après l'étude de F. Formenti [et al.], citée précédemment (cette recherche n'a examiné que l'aspect de la dépense énergétique). Les autres limites sont d'ordre technique.<sup>35</sup>

## Conclusion

Malgré ces limites, les tests menés confirment le postulat déduit que l'armure limite les mouvements. Si cette déduction peut être confirmée par des analyses de sources narratives ou techniques (qu'il faut impérativement distancier des représentations modernes véhiculées par le cinéma, héritées de la période victorienne)<sup>36</sup>, ou encore par l'observation d'objets (limitée par l'examen statique – souvent à travers une vitrine – d'objets complexes), il faut souligner l'apport de données chiffrées permettant une quantification de ces limitations de mouvement ou d'impact physiologique.

Le port de l'armure conditionne les facultés motrices (impact physiologique et biomécanique). Cet impact désormais chiffré est très relatif et démontre que l'armement défensif étudié est non seulement d'une excellente conception, mais également d'une très bonne facture. Avec un tel type d'armure, le combattant peut monter à l'échelle, courir,<sup>37</sup> se relever depuis toutes les positions (couché à plat ventre, sur le dos et sur le côté)<sup>38</sup>, performer le répertoire technique contenu dans les livres de combat, etc.

La dépense énergétique impliquée par le port d'une surcharge pondérale importante est atténuée par la répartition de ce poids sur l'ensemble du corps. Elle

35 Le placement des marqueurs pour les mesures biomécaniques s'effectue en général sur un sujet nu de manière à situer précisément l'articulation mesurée. Le système technique utilisé ne permet pas de placer les marqueurs sous l'armure, puisqu'ils sont passifs, c'est leur réfléchissement qui est capté par le système optique. Ils ont donc été placés au plus près de l'articulation, mais sur la surface de l'armure, ce qui peut avoir provoqué des imprécisions relatives dans les captures de mouvement.

36 Voir à ce sujet l'étude de John Aberth, *A Knight at the Movies: Medieval History on Film*, New York/London 2003.

37 Comme mentionné par exemple dans la biographie chevaleresque de Jean le Maingre dit Bouccicault (éd. Denis Lalande, Genève/Paris 1985).

38 Comme déjà mis en image dans les années 1920 dans une vidéo didactique du Metropolitan Museum of Art (New York), *A Visit to the Armor Galleries*, short movie, 1924, 30.21min. (<http://www.metmuseum.org/metmedia/video/collections/aa/>, 30.10.2014). Au sujet de ce type d'approche, voir la contribution de Nicolas Baptiste dans ce volume.

diminue toutefois certainement les capacités physiques du combattant sur le moyen et long terme. Cette diminution relative dépend de la condition physique et de l'entraînement du combattant.

Ces tests confirment le besoin d'expérimenter les gestes de combat en armure avec le port d'une réplique faite sur mesure et de bonne qualité, car l'impact de ce type d'équipement sur les capacités motrices est avéré. Cela invalide toutes les démarches expérimentales (ou expérientielles) du geste sans le port d'armement défensif ou avec le port d'un équipement de mauvaise qualité. De plus, ces tests démontrent que les limitations relatives imposées par le port de l'armure n'ont que peu d'impact sur un répertoire de mouvements utiles en combat et même que certains mouvements sont favorisés dans leur dynamique. Le port de l'armure influe donc de manière positive sur la performance de gestes spécifiques par la force inertielle et la conception de l'armement, réduisant ou favorisant l'amplitude de certains mouvements. Je souligne que ce type d'observation est inédit dans la littérature spécialisée. La quantification et l'analyse de données issues d'expérimentation à partir de l'analyse de littérature technique médiévale (telle que les livres de combat) permettent d'apporter des données fiables pour la recherche sur les armes et armures et les savoirs corporels liés au combat, mais également de manière plus large de contribuer à réviser bon nombre de stéréotypes issus de l'image du chevalier médiéval.