Théia
ISSN : 3074-5527
Publisher : Université Lumière Lyon 2

3 | 2026
Histoire expérimentale et sensorialité

Joachim Meyer au laboratoire. La construction d'un protocole expérimental biomécanique pour comprendre le geste du combattant au XVIe siècle

Joachim Meyer in the Laboratory. Developing a Biomechanical Experimental Protocol to Understand the Movements of 16th-Century Fighters

Marine Haurillon and Lucas Ficheur

http://publications-prairial.fr/theia/index.php?id=652

DOI : 10.35562/theia.652

Electronic reference
Marine Haurillon and Lucas Ficheur, « Joachim Meyer au laboratoire. La construction d'un protocole expérimental biomécanique pour comprendre le geste du combattant au XVIe siècle », *Théia* [Online], 3 | 2026, Online since 23 novembre 2026, connection on 25 novembre 2026. URL : http://publications-prairial.fr/theia/index.php?id=652

Copyright
CC BY-NC-SA 4.0

Prairial
Pôle éditorial
Lyon Saint-Étienne

Joachim Meyer au laboratoire. La construction d'un protocole expérimental biomécanique pour comprendre le geste du combattant au XVI^e siècle

Joachim Meyer in the Laboratory. Developing a Biomechanical Experimental Protocol to Understand the Movements of 16th-Century Fighters

Marine Haurillon and Lucas Ficheur

OUTLINE

Pourquoi recourir à l'expérimentation ?
- Le silence des corps
- Produire des données sur le geste et sa réalisation

Élaboration du projet expérimental : interdisciplinarité, cohérence scientifique et limites
- Construction d'un dialogue interdisciplinaire
- Établir un protocole scientifique cohérent historiquement avec les contraintes matérielles
- Les limites de cette expérimentation

Réalisation et résultats
- Déroulé de l'expérimentation
- Mesures effectuées par l'appareillage
- Les données récoltées : dialogue entre les ressentis récoltés des participants et les mesures réalisées

TEXT

1 En 1976, dans son livre *Anatomie de la bataille*, l'historien britannique John Keegan écrivait : « Nous ne savons presque rien des modalités pratiques du combat, et pas davantage de l'état d'esprit des combattants, de ce à quoi ils ressemblaient, de leurs qualités dans l'action [1]. » Dans cet ouvrage, l'auteur s'efforçait de comprendre les différentes parties, les divers moments qui, associés, forment l'événement bataille, et ici, plus précisément, une bataille sur le modèle ancien, celle d'Azincourt, dont la mêlée au corps à corps était l'apogée de l'action. En effet, dans le courant des années 1970, il pouvait paraître impossible de comprendre l'expérience subjective – sensible, psychologique, mais surtout physique – des combattants.

Plus généralement, la compréhension des sensorialités des acteurs d'époque pouvait sembler épistémologiquement inaccessible à la méthode historique, celle-ci reposant sur des écrits qui sont toujours des reconstructions *a posteriori* des émotions vécues à un instant donné. Pallier ce manque demande donc de croiser les démarches et les disciplines scientifiques. L'expérimentation de l'usage d'objets du passé pour appréhender ces sensorialités perdues a été une de ces initiatives novatrices.

2 Le travail présenté dans cet article s'inscrit dans cet héritage interrogatif autour de l'expérience gestuelle et sensorielle des combattants de la fin du Moyen Âge et du début de la Renaissance. Il est issu de mon travail de thèse qui traite plus spécifiquement du corps des combattants des guerres d'Italie (1494-1559) et de l'usage qu'ils en faisaient, mais aussi de l'usure que cela occasionnait. Traiter du combat ancien à l'échelle individuelle m'a conduite à la mobilisation d'outils et de méthodes issus des sciences expérimentales. La recherche présentée ici relève à la fois de l'expérience scientifique biomécanique et de l'archéologie expérimentale. Son protocole a été construit pour répondre à des problématiques historiques centrées sur le corps.

3 C'est en 1979 que John Coles, archéologue britannique, donne cette définition de l'archéologie expérimentale : « une discipline qui approche les vestiges archéologiques par l'interrogation et qui tente de comprendre ce que l'homme d'autrefois faisait, comment il le faisait, et pourquoi il le faisait [2] ». Cette discipline a été originellement développée pour étudier les méthodes artisanales du passé, notamment préhistoriques. En utilisant les artefacts mis à jour par l'archéologie classique, il s'agissait d'essayer de retrouver les gestes de la production ancienne, sur lesquels il n'y avait, sinon aucune, que peu de sources écrites ou iconographiques. Dans les décennies suivant cette citation de John Coles, cette approche a été appliquée à divers sujets de recherche historique et a dépassé les problématiques touchant à l'artisanat et à la production. En 1987, a eu lieu à Montpellier le 18e congrès de la Société des historiens médiévistes de l'enseignement supérieur, qui avait pour thème « Le combattant au Moyen Âge » [3]. Les contributions relevaient aussi bien d'approches historiques qu'archéologiques ou paléopathologiques,

démontrant tout l'intérêt d'une démarche transdisciplinaire pour l'étude du sujet de la guerre et des combattants.

4 Cette transdisciplinarité a significativement incorporé les pratiques expérimentales dans son corpus de méthode, notamment suite aux travaux fondateurs de l'historien américain Victor Davis Hanson [4]. D'abord centrée sur les périodes anciennes, cette démarche a été appliquée à partir des années 2010 aux combattants de la fin du Moyen Âge et de la Renaissance. Les travaux de Daniel Jaquet sur le port de l'armure [5] et ceux de Tobias Capwell sur la joute à la lance [6] initient l'expérimentation pour appréhender la réalité corporelle de ce que vit un homme d'armes de la première modernité et s'intéressent plus précisément à la pratique même du combat une fois armuré.

5 Ces études européennes pionnières ont été accompagnées dans la seconde moitié des années 2010 de plusieurs thèses et travaux de recherche faits par des amateurs d'arts martiaux, que la pratique de ces activités a menés à ce sujet de recherche et dont elle a enrichi la démarche. Entre 2015 et 2024, six thèses portant sur la pratique des combats anciens ayant pour approche les pratiques corporelles sont soutenues [7]. Outre leur sujet, elles ont en commun d'avoir été faites par des chercheurs initiés à la pratique des arts martiaux historiques européens (AMHE), une discipline sportive qui se base originellement sur les instructions des livres de combat des maîtres d'armes pour tenter de retrouver un geste martial historique. Mais ces travaux n'ont souvent qu'une approche subjective et technique de l'expérimentation, où celle-ci sert plus à déterminer la faisabilité d'un geste et la manière dont se déroule l'ensemble d'un combat qu'à produire de la donnée scientifique sur le mouvement et à relier celle-ci aux sensibilités du combattant.

6 En parallèle de ces recherches, quelques travaux croisant problématique historique sur le corps du combattant et méthodologie expérimentale basée sur la biomécanique ont eu lieu. Outre le travail précédemment cité de Daniel Jaquet, la motricité du corps en armure a été étudiée dans différents contextes matériels, d'abord par les équipes de Graham N. Askew [8], puis dans les projets March'alp et CarMo porté par Stéphane Gal, déjà en collaboration avec les équipes du Gipsa-Lab [9]. Ces premières études

interdisciplinaires ont été suivies en 2024 par une étude de cas, faite sous la direction de Mojtaba Mohammadalizadeh [10] qui se concentre sur l'analyse physiologique et cinétique des gestes martiaux d'un pratiquant en armure.

7 Cependant, pour ce qui est de comprendre la qualité dans l'action des acteurs d'une bataille, ces expérimentations sont insuffisantes pour au moins deux raisons. D'une part, elles portent toutes sur des corps entièrement armurés, or seule une petite minorité des combattants anciens pouvait se procurer une armure complète. Deuxièmement, peu de ces travaux concernent spécifiquement la pratique du combat militaire, *a fortiori* du combat en temps de guerre. Même l'étude de Mojtaba Mohammadalizadeh, qui traitait du geste martial réalisé en armure, s'intéresse à un geste de duel, voire de pratique sportive moderne. Rien ne relevant donc, au premier abord, de l'expérience militaire qu'est une bataille.

8 Or, le geste qui a été observé et étudié scientifiquement au Gipsa-Lab le 14 avril 2025 a été reconstruit en croisant des sources qui rapportent des épisodes individuels de combat pendant les guerres d'Italie [11] et des pièces du livre de combat de Joachim Meyer, escrimeur libre de Strasbourg, auteur du *Gründtliche Beschreibung der Kunst des Fechten* [12] publié en 1570. Cette date est postérieure à la période étudiée. Mais cet ouvrage appartient à une tradition martiale d'origine germanique, dite liechtenaurienne [13], qui remonte au XIV^e^ siècle. Il s'agit de plus d'un des rares ouvrages à avoir trait à la pique, arme peu courante dans les livres de combat.

9 Pourquoi et comment construire un protocole expérimental biomécanique qui nous permette de dépasser le silence des sources historiques classiques sur l'expérience subjective, sensible et corporelle des combattants des guerres d'Italie ? Ce silence des sources contraint l'historien à recourir à d'autres disciplines étudiant les ressentis corporels. Grâce à leurs méthodes et leurs outils, ces sciences fournissent des informations objectivables sur un état corporel, qui peuvent, avec précaution, être extrapolées à ce que devaient être les conséquences d'un effort martial pour des hommes du XVI^e^ siècle.

Pourquoi recourir à l'expérimentation ?

Le silence des corps

10 Pour qui s'intéresse à l'historicité du corps, et plus encore à l'expérience d'une corporalité, l'Ancien Régime peut se distinguer par une grande rareté de sources. En ce qui concerne le combat individuel, outre les raisons culturelles qui expliquent ce déficit général de la question corporelle dans la production textuelle et sur lesquelles reviennent Alain Corbin et George Vigarello dans leur *Histoire du corps* [14], il se pose en plus le problème des vecteurs de ce genre d'expérience, parce que les combattants qui maniaient la pique étaient rarement des gens lettrés [15]. Au début du XVIe siècle, les écrits relatant des épisodes de combat ne sont pas standardisés et mentionnent le plus souvent de beaux gestes à solenniser et qui se distinguent de ce qui se fait de commun. Comme le souligne Laurent Henninger dans son article de 1999 « La nouvelle histoire-bataille [16] », un des obstacles à l'étude de la pratique du combat est l'absence de sources directes.

11 Usuellement, l'histoire de la guerre s'intéressait à l'échelon tactique, celui de la bataille, de la rencontre ou du siège. C'est que la majorité des écrits qui rapportent des épisodes de combat font le rapport de ces affrontements collectifs. Que ce soit dans des chroniques élaborées à partir de récits rapportés par des acteurs ou des témoins des événements, comme celle de Jean d'Auton [17], ou dans des mémoires sur le modèle des témoignages de Fleurange [18] ou Monluc [19], on s'attache surtout à raconter l'ensemble de la rencontre, plutôt qu'une expérience subjective d'un individu propre. Lorsqu'un événement spécifiquement individuel est mentionné, c'est le plus souvent pour souligner son caractère extraordinaire. Il s'agit d'un exploit hors norme dont on veut garder la mémoire, et par lequel on justifie souvent le dénouement de l'affrontement où il a pris place. L'historien se retrouve donc avec un important angle mort, celui de la normalité des combats, de l'expérience sensible banale que peuvent vivre ces corps au cœur de la mêlée. Le corpus des récits de combat comprend très peu de mentions de l'effort corporel réalisé, du

ressenti du combat, sauf quand celui-ci occasionne des blessures, comme lorsque Bayard est blessé à Brescia [20], ou quand Blaise de Monluc mentionne ses blessures graves au début de ses mémoires [21]. Et ces évocations du vécu des corps sont encore plus rares quand on s'intéresse aux combattants piétons d'origine roturière, qui composaient la majorité des soldats dans les armées de la première moitié du XVIe siècle. Ainsi, la pique, l'arme choisie pour cette expérimentation, est la plus présente sur les champs de bataille des guerres d'Italie, et la plus mentionnée dans le corpus exploité pour cette recherche [22]. Mais c'est aussi une arme populaire dont les utilisateurs ne sont que rarement, sinon jamais, le sujet – et encore moins les auteurs – des écrits traitant du combat martial.

12 Enfin, à ce manque des sources s'ajoute la difficulté propre à ce sujet spécifique. La description d'un geste est toujours un exercice délicat [23] et encore plus dans le cadre du combat martial où celui-ci se fait toujours par rapport à un geste antagoniste, ce qui multiplie les facteurs à prendre en compte, pour la plupart absents des sources. Lorsque l'étude des livres de combat a commencé à se développer au début des années 2000, elle s'est rapidement accompagnée de tentatives de reproduire les pièces que les maîtres d'armes y présentaient, afin de mieux appréhender les gestes qui y étaient décrits et parfois illustrés [24]. Les études sur le combat en France sont le plus souvent réalisées par des pratiquants d'arts martiaux qui ont ainsi un bagage de connaissances de l'affrontement corporel qui peut pallier ces incertitudes autour de la réalisation d'un geste.

13 Expérimenter le geste martial dans un environnement contrôlé doit donc permettre de pallier cette double limite des sources : celle qui concerne la mention de ces gestes et celle qui entoure intrinsèquement toute tentative de décrire un mouvement juste par l'écrit.

Produire des données sur le geste et sa réalisation

14 Saisir comment le mouvement est produit par le corps, en mobilisant quels muscles, de quelle manière et à quelle intensité, c'est essayer d'entrer dans la sensorialité profonde d'un individu, en comprenant

quels stimuli physiques ont pu provoquer ces ressentis qui, cumulés, forment l'expérience qu'il a de son présent. Quand on s'intéresse spécifiquement à la réalité du combat martial à la pique, certaines performances et conséquences physiologiques interrogent les chercheurs : quelle est la précision individuelle du geste ? Avec une arme si longue qu'elle a une inertie propre, comment le combattant compense-t-il l'inflexion de la hampe ? Comment évolue la fatigue du sujet au cours de la répétition du mouvement ? Or, toutes ces questions essentielles rencontrées par l'historien qui cherche à comprendre les sensibilités corporelles d'un combattant ne trouvent que peu d'éléments de réponse dans les sources d'époque. Et les rares évocations ne relèvent que de l'épreuve empirique du corps, pas de la compréhension des réalités physionomiques qu'un chercheur du xxie siècle peut désirer atteindre. Formuler ces questions au cours du dépouillement des sources et se confronter à ces manques a permis d'identifier le besoin de l'expérimentation pour enrichir mon travail de recherche.

15 L'usage d'outils de laboratoire de biomécanique apporte des données objectivables sur un geste martial. Grâce aux caméras de *motion capture*, il est possible d'analyser l'évolution des mouvements des membres des sujets et de l'arme à chaque instant et de mettre en évidence un ensemble de mouvements parasites dont l'iconographie, forcément fixe, et les traités d'escrime ne peuvent rendre compte. Des capteurs EMG [25], six sur chaque participant, renseignent sur l'activité musculaire, et des données physiologiques (comme la concentration de CO_2 dans le sang, conséquence d'une activité musculaire plus importante que la moyenne) totalement inconnues des chroniqueurs et mémorialistes du xvie siècle peuvent être obtenues par divers examens et extrapolées aux corps qui firent les guerres d'Italie.

Élaboration du projet expérimental : interdisciplinarité, cohérence scientifique et limites

Construction d'un dialogue interdisciplinaire

16 Les questions évoquées dans la partie précédente sont beaucoup trop générales pour que le biomécanicien puisse établir un protocole scientifique expérimental rigoureux.

17 Par exemple, si pour une personne profane la notion de fatigue semble aller de soi, pour les sciences biologiques, elle regroupe beaucoup de choses très différentes et il faut distinguer sa mesure objectivable et sa perception par la personne concernée. Ainsi, l'état de fatigue d'un individu peut être défini grâce à l'évolution de certains phénomènes physiologiques, à l'instar du rythme cardiaque, des modifications des échanges gazeux observables dans la respiration ou de la concentration de certaines substances dans le sang, mais aussi par les conséquences de cet épuisement sur les performances réalisées : geste moins précis, moins de force dans le mouvement… Et toutes ces variables peuvent indiquer un état de fatigue et de stress qui ne correspond pas forcément à ce que le sujet évaluerait être sa propre fatigue.

18 De cette façon, chaque problématique historique qui justifiait cette approche expérimentale a nécessité une discussion approfondie avec les équipes du Gipsa-Lab engagées sur le projet, afin de bien comprendre ce qui était attendu et ce qui pouvait être réalisé avec l'équipement et le temps disponible. Ces échanges ont permis de faire résonner ces questions historiques avec des problèmes et des outils propres à la biomécanique, comme l'usage de l'échelle de Borg pour estimer la fatigue ressentie par les sujets [26].

Établir un protocole scientifique cohérent historiquement avec les contraintes matérielles

19 Une fois les questionnements harmonisés, il a fallu définir un mouvement précis et répétitif à étudier, afin que les grilles de lecture biomécaniques permettent de percevoir des variations au cours de la prise de mesures et d'en tirer les hypothèses nécessaires. Ensuite, des contraintes devaient être données aux participants pour tenter de conditionner, partiellement, le geste à un contexte martial, c'est-à-dire collectif. Enfin, à partir des rares indications dans les sources d'époque, nous avons défini la durée de la prise de mesures, et donc l'intensité de l'effort demandé.

20 La pique étant l'arme choisie, il a fallu construire un geste martial adapté à son maniement et qui soit cohérent historiquement. Dans cet objectif, j'ai conçu un enchaînement précis de mouvements techniques, en croisant les récits d'action de piquiers dans les sources traitant d'affrontements avec ces armes, des sources iconographiques qui pouvaient renseigner sur la position corporelle des soldats et des pièces issues du livre d'armes de Joachim Meyer [27]. L'enchaînement s'effectue en trois temps et extrapole le geste d'un combattant de deuxième ou troisième rang qui ne dispose que d'un espace très restreint pour manier cette arme très longue. Il fallait donc arranger des pièces qui ne laissent jamais l'amplitude de l'arme descendre en dessous de la poitrine du pratiquant, même dans les positions de repos. Cela simulait la présence d'un premier rang, les soldats des rangs plus reculés devant combattre par-dessus les épaules de ceux des rangs plus en avant. La seule action offensive possible devait être un estoc, unique attaque réalisable et souhaitable dans un bloc d'infanterie composé de plusieurs centaines de combattants serrés épaules contre épaules.

21 L'enchaînement que les sujets devaient répéter a été construit sur la logique de la tradition liechtenaurienne. Celle-ci est basée sur un système de gardes préalablement définies, c'est-à-dire des instructions sur la façon dont le combattant doit se tenir pour être prêt à lancer une attaque et sur l'orientation qu'il doit donner à son arme. Il s'agit ensuite de passer d'une de ces gardes à une autre, en

effectuant l'action offensive dans le mouvement qui mène d'une de ces positions à l'autre.

22 Voici son déroulé :

> 1 – Oberhut (La garde haute)
> Place-toi ainsi pour celle-ci : tiens-toi avec le pied gauche devant et maintiens la pointe arrière de ta pique sur ta hanche droite avec ta main droite. Avec ta main gauche, dirige la partie avant de ta pique vers le haut et devant toi [28].

> 2 – Oberhut zum Stoß (La garde haute pour l'estoc)
> Dans l'approche, lorsque tu viens avec ton pied gauche devant et que tu as posé ta pique en avant de ta main gauche sur ton épaule gauche. […] Tu peux combattre depuis celle-ci comme tu l'apprendras après [29].

> 3 – Stoß auß der Oberhut (L'estoc depuis la garde haute)
> Dirige ta pique dans la garde haute sur ton épaule gauche, à propos de laquelle tu as été instruit précédemment. Donne alors à ta pique une discrète impulsion vers l'avant et avance en même temps avec ton pied gauche. Pendant que ta pique est toujours en train de monter du fait de l'impulsion, estoque devant toi, vers son visage et en avançant, afin que tes deux bras soient étendus le plus loin possible après la fin de l'estoc. Dès que ta pique chute vers le sol, tu dois avancer encore plus loin avec le pied gauche et ramener ta pique vers toi avec tes deux mains, avant qu'elle ne soit complètement tombée au sol, et également baisser ton haut du corps vers la pique [30].

23 Cet enchaînement reproduisait donc – partiellement – la contrainte qu'est le combat collectif, où le combattant est beaucoup moins libre de ses mouvements que dans le cas d'une pratique de salle d'armes ou dans un duel en champ clos. L'inconfort de ne pouvoir avoir une position de repos complet, où la pique ne pèse plus entièrement sur les bras, simulait la présence de piquiers devant le sujet comme cela aurait été le cas dans un bloc d'infanterie au xvi^{e} siècle. L'immobilité des participants représentait le moment chaud du combat, où l'on ne peut s'avancer plus sans se mettre à portée des armes de l'ennemi et risquer sa vie.

24 Cette simulation de la nasse du bloc d'infanterie s'est aussi faite grâce à une plateforme de force qui n'offrait qu'une surface restreinte et permettait à la fois de contraindre les participants à ce petit espace et à une quasi-immobilité et, en même temps, de recueillir de la donnée sur leurs mouvements. Cette plateforme était un rectangle de soixante centimètres sur cinquante, ce qui limitait énormément le jeu de jambes des participants, les forçant à se mettre dans une position de déséquilibre quand il s'agissait d'atteindre la cible. Car la pique est une arme tellement longue que, disposant de son inertie propre, son maniement requiert des appuis stables pour que le combattant ne soit pas entraîné par son propre poids.

25 S'il n'était pas possible de reproduire toute la gêne qu'occasionne un combat collectif où d'autres armes, que ce soit celles des alliés ou des ennemis, interagissent avec celle du combattant, nous avons quand même réduit le mouvement efficace en imposant une cible restreinte : le portrait en gravure d'un lansquenet imprimé sur une feuille A3. Un repère mis au centre de la cible et reconnu par les caméras de la salle permettait de calculer la précision des sujets, en fonction de l'écart type réalisé entre ce capteur et un autre placé au bout du simulateur de pique. La cible était donc plus petite que ce à quoi un piquier des guerres d'Italie aurait été confronté en général, puisqu'il pouvait atteindre aussi bien la tête de son adversaire que ses bras, ses mains ou encore ses jambes [31]. Cette restriction avait un double avantage. Premièrement, c'était une limite de plus à la liberté de mouvement des sujets afin de simuler un combat collectif qui s'enlise. Deuxièmement, en les contraignant à viser une telle cible, on pouvait mesurer l'évolution et la dégradation de leur précision, ce qui était un moyen d'évaluer l'accumulation de fatigue des participants causée par l'exercice.

26 La durée de chaque prise de données a été fixée à dix minutes. Cela correspond à un affrontement – entendu comme une épreuve individuelle et continue – probablement plus long que la moyenne du xvie siècle. Les combats étaient souvent brefs, que ce soit en escarmouche ou en bataille. Dix minutes d'exercice sont donc une durée cohérente, possible à l'époque, supérieure à la durée de la plupart des combats, mais ne relevant pas non plus de l'exceptionnel comme la demi-heure qu'aurait pris la mêlée centrale à la bataille de Ravenne en 1512 d'après le Loyal Serviteur [32]. Mêlée si longue que les

belligérants, toujours d'après cet auteur, devaient reprendre leur souffle les uns devant les autres, retirant leur visière en plein combat, avant de poursuivre l'engagement [33]. C'est également un délai en cohérence avec ce qui se rapprocherait le plus aujourd'hui d'un exercice semblable, à savoir les rounds dans les compétitions d'arts martiaux [34]. Dix minutes d'exercice à la pique représentent donc un effort très important, mais pas exceptionnel pour un combattant. Enfin, cette durée était assez longue pour dégager une évolution significative des mesures réalisées : fréquence respiratoire et écart type de la distance entre le point d'impact du simulateur quand le coup est porté et la cible désignée. Faute de données historiquement fiables sur le sujet, aucune indication précise d'intensité n'a été fixée pour les participants, qui devaient donc gérer leur effort et placer un maximum de coups les plus précis possibles.

Les limites de cette expérimentation

27 Durant mes entretiens préparatoires avec les chercheurs du Gipsa-Lab, il a été décidé de réaliser cette expérimentation dans le cadre d'un stage de master. La quantité de données à analyser, alors que nous définissions le nombre de variables à observer, faisait courir le risque de ne pas avoir de retour exploitable avant longtemps, ce qui fut la première raison pour construire ce projet de stage. Il s'agissait aussi de creuser le dialogue interdisciplinaire en élargissant le champ des possibles dans les stages de biomécanique avec des expérimentations autour de problématiques historiques, qui prolongent la démarche de l'archéologie expérimentale. Un étudiant en master 1 de biomécanique, Lucas Ficheur, a candidaté pour ce stage. Il a donc fallu revoir le protocole pour qu'il soit faisable dans le cadre d'un stage de deux mois, rédaction comprise. Cette contrainte temporelle était double : réduire au maximum le nombre de mouvements pour limiter les données à exploiter par la suite ; et devoir partager la salle d'exercice du Gipsa-Lab dans une période très chargée, tous les étudiants de master 1 en biomécanique devant réaliser leur stage pendant le même intervalle de temps. Ainsi, nous n'avons pu avoir qu'une seule journée d'expérimentation et ne faire passer que deux sujets, contrairement aux six initialement prévus. C'est un échantillon très restreint, ce qui cantonne une part importante de ces résultats à un caractère exploratoire sans pour

autant invalider la démarche. En effet, le retour des deux participants, confrontés aux données corporelles récoltées sur eux, est déjà un élément concret pour appréhender cette performance physique, comprendre la pertinence d'une telle expérience et envisager de nouveaux tests sur des échantillons plus vastes.

28 Outre le très faible nombre de participants, cette expérimentation a aussi pour limite son caractère artificiel. Elle a été réalisée dans un environnement entièrement contrôlé, les participants ne portaient pas de reconstitution de tenues militaires des guerres d'Italie, qui auraient empêché la captation des marqueurs pour la modélisation 3D et qui auraient pu gêner les électrodes de l'EMG.

29 Le fait de ne pouvoir réaliser l'expérience qu'avec un sujet à la fois impliquait que celui-ci n'était soumis à aucune pression des corps des combattants alliés, si importante dans le combat de piétons. Si le fait d'être contraint dans son jeu de jambes par la plateforme de force et l'enchaînement imposé, qui nécessitait de garder toujours l'arme le plus haut possible, permettait de simuler quelque peu cet espace restreint dans lequel le piquier effectuait son geste, cela est quand même très limité par rapport à la masse des corps voisins qui pouvaient écraser le combattant jusqu'à l'asphyxie. De même, la raréfaction de l'oxygène qui peut advenir dans le cas où un grand nombre d'individus sont rassemblés dans un espace très resserré, *a fortiori* s'ils exercent une activité physique, n'a pas pu être prise en compte.

30 S'il est possible dans certaines études d'affaiblir des participants avant une expérimentation (par exemple en les déshydratant), ces procédures auraient nécessité un passage en commission éthique et des conditions de sécurité qui représentaient une contrainte trop importante dans le cadre de ce travail précis. Sans même aborder la question des différences physiques entre les individus du XVI^{e} siècle et nous-mêmes [35], les corps expérimentés étaient donc en bien meilleure condition que ce qu'on peut attendre d'hommes étant depuis plusieurs semaines, sinon mois, en campagne durant les guerres d'Italie, alternant marche longue et repos de mauvaise qualité et manquant de nourriture dans un climat de violence quasi constant.

31 Il était par ailleurs impossible de reproduire, dans ce cadre expérimental, les enjeux psychologiques inhérents à la guerre. Les

participants frappaient une cible fixe, il n'y avait pas de riposte ni aucun des dangers propres aux champs de bataille de l'époque moderne. Or, aucune consigne d'intensité n'avait été donnée aux sujets, sinon celle de faire un maximum de touches. Ainsi, au cours de l'expérimentation, des pauses aléatoires, plus ou moins longues sont apparues. Si elles permettaient de rendre compte de l'intensité de l'effort et de la fatigue des sujets, le fait que ces derniers n'aient rien eu à craindre en retour les a certainement conduits à se reposer davantage que ce qui aurait été envisageable avec des adversaires.

32 Enfin, aucun son, aucun bruit, aucune instruction verbale n'avaient été anticipés pour accompagner l'exercice. Or, les armées de l'époque étaient des univers sonores à part entière, particulièrement dans la mêlée où les ordres retentissaient au milieu des menaces des ennemis, des cris des blessés, des prières des aumôniers et des encouragements [36]. Et le bruit, les consignes, les rappels jouent un rôle très important dans la production d'adrénaline. Psychologie et physiologie ne sont pas strictement séparées, et il est impossible d'étudier la fatigue, et plus encore les limites du corps humain, sans prendre en compte tous ces facteurs sociaux annexes. Une nouvelle expérimentation devrait prendre en compte ces facteurs, que ce soit avec une bande sonore préenregistrée ou avec des consignes et des incitations préparées à donner à des moments précis.

33 Il est important de prendre en compte ces limites. Elles sont propres à cette expérimentation et, si elles rendent en effet impossible d'extrapoler la totalité des expériences sensorielles des combattants de la première modernité (ce qu'aucun protocole ne pourra jamais permettre), elles ne sont cependant pas insurmontables et relèvent plus de contingences matérielles contextuelles que de barrières épistémologiques infranchissables.

Réalisation et résultats

Déroulé de l'expérimentation

34 L'expérimentation a eu lieu le 14 avril 2025 à la salle d'expérimentation du Gipsa-Lab, après des mesures et calibrages préliminaires réalisés le 11 avril. Deux sujets ont effectué le test pendant dix minutes

chacun. Ils avaient déjà un certain bagage martial et ont une activité sportive régulière, ce qui leur conférait de l'assurance et de l'expérience en matière d'équilibre, d'explosivité et d'endurance face à l'effort.

35 Le premier sujet, Jérémy Belzons, qui a effectué son test à 10 h, est âgé de 35 ans, mesure 1 m 79 pour 63 kg – ce qui est grand par rapport à la moyenne de taille des hommes de l'époque – et a pratiqué les AMHE pendant un an. Il pratique régulièrement la course à pied, la randonnée et l'escalade (trois fois par semaine) et a fait pendant des années du badminton, des sports qui renforcent l'endurance, le rythme cardiaque et la puissance musculaire. L'escalade notamment est réputée pour solliciter un maximum de muscles simultanément, ce qui favorise le développement d'une puissance musculaire équilibrée des membres supérieurs [37].

36 Le second sujet, Mathieu Lallement, qui est passé à 14 h, est âgé de 34 ans, mesure 1 m 72 pour 68 kg. Il a fait de l'escrime moderne pendant plusieurs années, ainsi que le *bujinkan* (art martial japonais se pratiquant à mains nues et au bâton, qui se revendique descendre de la tradition martiale japonaise du *Budo*) durant trois ans. Il pratique assidûment les AMHE depuis 2021, suivant des cours plusieurs fois par semaine et ayant effectué des stages d'initiation et de perfectionnement dans différents clubs. Il a donc un bagage martial certain et varié, l'endurance pour un combat, l'habitude de construire son équilibre dans l'affrontement et une musculature construite pour l'explosivité dans un combat.

37 À leur arrivée, chacun a reçu un questionnaire sur l'épreuve à venir [38]. Celui-ci était divisé en deux parties. La première était à remplir avant l'expérimentation et la seconde après. Outre une présentation des sujets et de leur bagage martial, ces questionnaires visaient à déterminer comment ils appréhendaient l'exercice à venir. La seconde partie de ce questionnaire demandait aux participants de faire un retour sur leur expérience et de recueillir leur ressenti sur celle-ci.

38 Chaque sujet a ensuite été équipé. Les capteurs de mouvements et les électrodes ont été placés sur leurs membres et le masque de VO_2 ajusté à leur tête. L'expérimentation s'est faite pieds nus, ce qui était autant une nécessité pour l'usage de la plateforme de force qu'un

rapprochement historique, beaucoup de piétons parmi les moins fortunés qui composaient les bataillons de piquiers n'avaient alors pas les moyens de se fournir en chaussures. C'était l'élément un tant soit peu historique, le reste de l'équipement de captation étant par définition purement moderne et non martial [39].

39 La réflexion à partir des éléments produits par l'expérimentation a pu commencer dès le déroulement de celle-ci. Les entretiens avec les participants, synthétisés par les questionnaires évoqués plus haut, ont permis de récolter leur ressenti immédiat. Il en est ressorti que l'un comme l'autre jugeaient avoir sous-estimé la difficulté de la tâche. Aussi, le silence dans lequel s'est déroulée l'expérience est plus qu'un manque d'historicité, c'est une vraie limite psychologique, que nous avons pu constater en voyant les participants redoubler d'efforts dès qu'il était brisé pour les encourager.

40 Enfin, l'observation de leurs gestes au cours de l'expérimentation a rendu perceptibles l'installation de la fatigue et l'importance de la distance par rapport à la cible pour gérer son équilibre quand on manie une arme si longue qu'il est possible de se faire emporter par son inertie. Ainsi, Mathieu, pourtant plus expérimenté martialement que Jérémy, avait plus de mal à placer ses coups, car, étant plus petit, il devait davantage se déséquilibrer vers l'avant pour atteindre la cible. Sa prise sur le simulateur se rapprochait, au cours de l'expérience, du centre de gravité de celui-ci, ce qui réduisait d'autant sa portée et compliquait toujours plus son retour en place après l'estoc.

41 Ces observations à l'œil nu et ces retours d'expérience doivent ensuite être confrontés aux données collectées par les différents appareils, pour que des conclusions en soient tirées, que ce soit en validant les points de convergence ou en comprenant d'où viennent les potentielles différences.

Mesures effectuées par l'appareillage

42 Les variables observées pendant cette expérience étaient de différents types, afin d'appréhender le plus précisément possible la complexité de l'exercice corporel. Physiologiques, neurophysiologiques, cinématiques et biomécaniques, ces données

objectives étaient essentielles pour comprendre précisément ce que les corps avaient réalisé pendant l'expérimentation et pour confronter nos observations et les retours des participants avec des mesures concrètes sur les actions et l'état de leurs corps.

43 Grâce à l'utilisation d'électrodes d'EMG, nous avons pu récolter des données neurophysiologiques pour quantifier l'activité musculaire. Si, dans un premier temps, il avait été prévu de placer quatorze électrodes sur chaque sujet, ce qui est la norme pour ce genre de prise de mesure, la longueur de leur synchronisation individuelle avec l'ordinateur central le jour du test et l'ampleur du travail d'analyse qu'une telle quantité de données aurait nécessité nous ont forcés à descendre à six électrodes par sujet, réparties ainsi : biceps droit, biceps gauche, triceps droit, triceps gauche, deltoïde moyen droit et deltoïde moyen gauche. Il n'y a eu donc des mesures EMG que des membres supérieurs des participants.

44 Les données physiologiques qui permettent de mesurer l'intensité de l'effort fourni par un corps ont été recueillies par un masque respiratoire et des capteurs de l'activité cardiaque. Le premier servait à mesurer les échanges gazeux des participants, donc leur consommation d'oxygène ainsi que leur fréquence respiratoire. Les seconds mesuraient l'évolution du rythme cardiaque.

45 C'est la plateforme de force qui a collecté les données biomécaniques. Laissée à la même distance de la cible pour chaque participant, elle a permis de mesurer le déplacement en temps réel du centre de pression du corps, qui correspond à la projection dans un plan du centre de gravité du corps, ainsi que la force de pression des appuis des participants. Grâce à ces informations, nous avons pu voir la répartition du poids dans l'espace, comprendre comment les corps sont engagés dans l'action et mettre en évidence les situations où les sujets sont déséquilibrés dans leurs mouvements.

46 Les données cinématiques proviennent de la captation en 3D réalisée par les 43 capteurs répartis sur le corps de participants. Il est ainsi possible de reproduire numériquement les mouvements des membres en temps réel et dans l'espace, ce qui fournit donc des renseignements bruts sur les gestes réalisés, qui peuvent être analysés et utilisés dans de futurs travaux. Dans ce travail, ces données cinématiques ont surtout servi à déterminer la précision des

sujets, en calculant l'écart type entre un capteur sur le bout offensif du simulateur et un autre posé au centre de la cible.

47 Les capteurs de mouvements, les données de la plateforme de force et les électrodes EMG ont été synchronisés et traités en direct grâce au logiciel Qualisys Task Manager, un logiciel usuel dans cette discipline, qui nécessite une formation spécifique pour être utilisé.

48 C'est par le croisement entre ces mesures et les retours de participants que nous pourrons percevoir le lien entre expérimentation et sensorialité.

Les données récoltées : dialogue entre les ressentis récoltés des participants et les mesures réalisées

49 Les résultats bruts issus de ces expérimentations ont été traités par Lucas Ficheur et ses tuteurs, et exposés dans son mémoire de stage de master [40]. Il s'agissait d'exploiter les données issues des différents capteurs, de les analyser et d'interpréter ces résultats à partir des modèles physiologiques établis.

50 Dans l'ensemble, les données physiologiques montrent l'installation d'une fatigue physique, mais laissent supposer que celle-ci est moins importante que ce que les retours des sujets pouvaient laisser croire. La VO_2, qui mesure donc les échanges gazeux et met en évidence la consommation en oxygène du corps, augmente brusquement dans les trente premières secondes de l'exercice pour les deux sujets, puis continue à progresser, mais plus lentement et ce sans que la courbe ne finisse par former un plateau, c'est-à-dire sans qu'un maximum clair n'ait été atteint par l'un des participants [41].

51 Pour ce qui est des données récoltées par les EMGs, une diminution légère de la puissance musculaire est relevée sur la plupart des muscles observés, ce qui trahit une fatigue probable [42]. Cette diminution est plus marquée sur le deltoïde gauche du premier sujet, celui qui est moins habitué aux pratiques martiales. La main gauche était celle qui était la plus proche du centre de gravité de l'arme, et donc le bras gauche était davantage sollicité que le droit, surtout quand il s'agissait de lever l'arme avant de porter le coup, d'où la

mobilisation plus importante du deltoïde gauche. Le fait de ne pas avoir de position de repos véritable pour simuler la présence d'un premier rang de piquiers qui se serait tenu devant les participants est aussi une des raisons de la sollicitation de ce muscle en particulier. D'une manière plus générale, pour tous les capteurs EMG on constate, comme pour la VO_2, un brusque épuisement dans la première minute de l'exercice, puis une stabilisation avec une diminution de la puissance musculaire plus lente.

52 La plateforme de force montre une conservation de leur équilibre postural par les sujets pendant l'exercice. En préambule, ils avaient tous les deux appréhendé l'étroitesse de l'espace laissé à leur jeu de jambes, mais ils ont réussi à s'y tenir durant toute la durée de la prise de mesures. Cependant, le temps passant, un écart de plus en plus important des centres de pression peut être interprété comme dû à des moments d'instabilité, liés à l'accumulation de fatigue causée par l'effort.

53 La précision des sujets en fonction du temps a été définie par l'écart type entre le point d'impact du capteur au bout du simulateur et le capteur sur la cible. Pour les deux participants, l'erreur moyenne augmente au fil du temps, démontrant une baisse progressive de la précision du geste, ce qui peut être un signe de fatigue neuromusculaire qui s'accumule. Ces repères ont aussi permis de mesurer le nombre d'impacts réalisés par chaque sujet pendant les dix minutes d'expérimentation [43]. Dans les deux cas, le nombre d'impacts augmente au fil du temps. Cependant, le sujet 1, qui mesure 1 m 78, a effectué davantage de touches que le sujet 2, plus petit, ce qui a pu se constater dès l'expérimentation. En effet, grâce à cette différence de taille, le premier était plus stable, car son allonge plus importante lui donnait la possibilité de moins se déséquilibrer vers l'avant pour atteindre la cible, et le contact plus rapide avec celle-ci lui offrait un rapide retour à l'équilibre, la cible servant de point d'appui.

54 On peut supposer que, dans le cas d'un combat à la pique, la différence de taille entre les combattants est un facteur très important, même si la longueur de l'arme pourrait faire penser qu'elle compenserait ces écarts. Outre le fait que plus un combattant domine en taille son adversaire, plus il gagne de l'allonge, sa zone

de danger [44] étant plus importante que sa zone de sécurité [45], ce qui lui donne l'initiative dans l'affrontement. Quand il s'agit de manier des armes aussi volumineuses, plus vite on rencontre un obstacle à la trajectoire de son arme, plus rapidement on peut se restabiliser et reprendre l'assaut. L'expérimentation a montré une autre dimension du jeu des distances – cet enjeu de stabilisation par la percussion d'un obstacle – au cœur de la pratique de tous types de combat au corps à corps, en révélant des réalités mécaniques peu ou pas présentes dans les écrits.

55 Ces résultats mettent en évidence la performance qu'est le combat à la pique, *a fortiori* réalisé pendant plusieurs minutes. La rapide accumulation de la fatigue durant la première minute, traduite à travers la VO_2 et les EMG, peut laisser penser qu'en cas d'affrontement symétrique, les premiers instants sont déterminants et qu'un parti doit rapidement prendre le dessus sur l'autre, pour peu que certains de ses membres soient un peu plus endurants ou mieux reposés.

*

> Un mot, pour tout dire, domine et illumine nos études : comprendre. Ne disons pas que le bon historien est étranger aux passions ; il a du moins celle-là [46].

56 Ce passage de l'*Apologie pour l'histoire* de Marc Bloch résume en bonne partie le « pourquoi » recourir à l'expérimentation pour répondre à des problématiques historiques : pour comprendre. Comprendre l'usage et l'usure de ces combattants, l'expérience individuelle produite par l'interaction entre le corps actif et son environnement immédiat. Or, l'expérience d'une corporalité, c'est d'abord un ressenti, une subjectivité. C'est donc quelque chose qui doit être vécu, et ce vécu doit être observé, analysé méthodiquement pour produire de la connaissance scientifiquement valable.

57 Concernant ce sujet en particulier, la compréhension des sensorialités physiques et le recours à l'expérimentation pour

justement les saisir sont centraux. Le combat est l'apogée de la guerre de l'époque moderne. Souvent évité, résolu en moins d'une heure, il peut être décisif pour l'ensemble d'une campagne de plusieurs mois. Or, nos savoirs sur les protagonistes de ces quelques minutes et leurs actions qui construisent l'événement bataille ou combat restent parcellaires et vagues. C'est un manque important pour notre compréhension plus globale des guerres anciennes et par corollaire des cultures dans lesquelles elles ont pris place.

58 Pour dépasser le silence des sources sur les ressentis des corps des acteurs historiques, expérimenter leurs gestes, leurs efforts et leurs souffrances dans un cadre contrôlé scientifiquement peut fournir à l'historien des données matérielles extrapolables aux réalités des époques passées. Il ne s'agit pas d'affirmer reproduire exactement en laboratoire l'état physiologique et psychologique d'un combattant du XVIe siècle, mais d'apporter de nouveaux éléments pour éclaircir davantage les sources historiques.

59 La construction de ce protocole a été la démonstration de la pertinence de cette association de sources de différentes natures pour tenter de se rapprocher du geste, les chroniques renseignant sur la durée de l'effort, les pièces du livre de Joachim Meyer permettant de construire un mouvement martialement cohérent, et l'iconographie issue du livre de combat ou des représentations de batailles servant d'appui à la construction du mouvement et à communiquer plus aisément aux participants ce qui était attendu.

60 Cette expérimentation, réalisée sur seulement deux sujets dans le cadre d'une thèse et étant l'objet d'un stage de master 1 en biomécanique, a d'abord un caractère exploratoire, sur lequel il convient d'insister. L'échantillon est trop faible pour pouvoir en tirer sereinement des conclusions, et divers éléments contextuels qui auraient pu être simulés (comme la fatigue précédant le combat, l'univers sonore, des ripostes adverses, etc.) permettraient d'étayer les hypothèses formulées à partir des données récoltées.

61 La collaboration a été très fructueuse. Le travail a été très important pour Lucas Ficheur et ses tuteurs, faute de travaux précédents portant sur cette problématique sur lesquels ils auraient pu s'appuyer pour construire un protocole réalisable et pertinent. Ce manque est une preuve du fait que cette approche de la recherche reste encore à

construire et pourrait être reproduite sur un échantillon plus grand, avec d'autres appareillages de mesures selon les problématiques soulevées. De plus, l'instauration d'un dialogue interdisciplinaire dans le temps a enrichi la démarche de recherche grâce à d'autres perspectives scientifiques, ce qui a mis en évidence de nouvelles interrogations et conduit à reformuler d'anciennes problématiques autour de la physiologie de ces combattants.

APPENDIX

Annexes

Questionnaire remis aux participants des essais à la pique tenus le 14 avril 2025

Avant l'essai

Âge :

Taille :

Sexe :

Poids :

1) Quel est votre bagage martial (quel sport/activité pratiqué, pendant combien de temps, à quelle fréquence…) ?

2) Sur les repères suivants, indiquez comment vous évaluez : [il est demandé aux répondants de placer leur évaluation sur une échelle de « faible » à « fort » pour chaque caractéristique]

Votre précision ?

Votre endurance ?

Votre équilibre ?

3) Comment appréhendez-vous la difficulté de l'exercice ?

Après l'essai

1) À combien estimez-vous votre fatigue sur l'échelle suivante (échelle de Borg) ?

Échelle de perception de l'effort	
6	Pas d'effort
7	
8	
9	
10	
11	Léger
12	
13	Assez difficile
14	
15	Difficile
16	
17	Très difficile
18	
19	
20	Effort maximal

2) Qu'est-ce qui vous a paru le plus difficile durant l'exercice (continuité, précision…) ?

3) L'exercice a-t-il correspondu à ce que vous aviez imaginé ? Quelles sont les plus grandes différences avec ce que vous anticipiez ?

4) Combien de temps maximum penseriez-vous pouvoir tenir le drill en restant efficace ?

5) Avez-vous d'autres remarques à faire ?

NOTES

1 John Keegan, *Anatomie de la bataille : Azincourt 1415, Waterloo 1815, La Somme 1916*, trad. Jean Colonna, Paris, Robert Laffont, 1993 [1976], p. 85.

2 John Coles, *Experimental Archeology*, New York, Academic Press, 1979, cité dans Annick Coudart, « L'archéologie expérimentale : quelques aspects de l'expérience anglaise », *Nouvelles de l'Archéologie*, nº 3, 1980, p. 76.

3 Société des historiens médiévistes de l'enseignement supérieur public, *Le combattant au Moyen Âge*, 2e édition, Paris, Publications de la Sorbonne, 1995 [1987], https://gallica.bnf.fr/ark:/12148/bpt6k33220348.texteImage.

4 Victor Davis Hanson (dir.), *Hoplites: The Classical Greek Battle Experience*, Londres, Routledge, 1993, https://doi.org/10.4324/9780203423639.

5 Daniel Jaquet, « "To arm oneself with good body armor and suitable weapons": Experimenting armored fighting », dans Dierk Hagedorn, Bartolomiej Walczak, *Gladiatoria, New Haven - Ms U860.F46.1450*, Herne, VS-Book, 2015; Daniel Jaquet, Vincent Deluz, « Moving in late medieval harness: Exploration of a lost embodied knowledge », *Journal of Embodied Research*, vol. 1, nº 1, 2018, http://doi.org/10.16995/jer.7.

6 Tobias Capwell, Alan Williams, « An experimental investigation of late medieval combat with the couched lance », *Journal of the Arms and Armour Society*, vol. 22, nº 1, 2016, p. 2-29.

7 Pierre-Henry Bas, « Le combat à la fin du Moyen Âge et dans la première modernité : théories et pratiques », thèse de doctorat en histoire, sous la direction de Bertrand Schnerb, Lille, université Lille 3, 2015, https://doi.org/10.70675/f98ecbe4z959dz4fd7z9aa1z3846f6f4e1f6 ; Pierre-Alexandre Chaize, « Les arts martiaux de l'Occident médiéval : comment s'écrit et se transmet un savoir gestuel à la fin du Moyen Âge », thèse de doctorat en histoire, histoire de l'art et archéologie, sous la direction de Bruno Laurioux, Paris, université Paris-Saclay, 2016, https://doi.org/10.70675/ae196424z03cbz47d1zbaf8zb7ef4d28582e ; Gilles Martinez, « Des gestes pour combattre. Recherches et expérimentations sur le combat chevaleresque à l'époque féodale : l'exemple du Roman de Jaufré (Paris, BnF, ms. fr. 2164) », thèse de doctorat en histoire médiévale, sous la direction de Daniel Le Blévec et Martín Alvira Cabrer, Montpellier, université Montpellier 3, 2018, https://doi.org/10.70675/55cd839bzc010z4ba8z9505zcb709a71e0e4 ; Guillaume Reich,

« Traces d'utilisations et mutilations sur les armes laténiennes : l'exemple des armes du site de La Tène conservées au Laténium », thèse de doctorat en archéologie, sous la direction d'Anne-Marie Adam et Marc-Antoine Kaeser, Neuchâtel, université de Neuchâtel, 2018 ; Lois Forster, « Chevaliers et hommes d'armes dans l'espace bourguignon au xv^e^ siècle », thèse de doctorat en histoire médiévale, sous la direction de Bertrand Schnerd, Lille, université de Lille, 2018, https://doi.org/10.70675/97ef2b5dz9a1cz420ez8628za1060123f422 ; Julien Garry, « L'escrime de guerre dans l'armée française, de la Révolution à la Première Guerre mondiale : pratique et théorie du corps à corps dans la guerre moderne », thèse de doctorat en histoire, sous la direction de Philippe Poirrier et Hervé Drévillon, Dijon, université de Bourgogne Franche-Comté, 2024, https://doi.org/10.70675/d9fdfeebz5fe5z48dfzbb65z741c8994c244.

8 Graham N. Askew, Federico Formenti, Alberto E. Minetti, « Limitations imposed by wearing armour on medieval soldiers' locomotor performance », *Proceedings: Biological Sciences*, vol. 279, n° 1729, 2012, p. 640-644, https://www.jstor.org/stable/23068671.

9 Stéphane Gal (dir.), *Des chevaliers dans la montagne*, Grenoble, UGA Éditions, 2021.

10 Motjaba Mohammadalizadeh, Suraj Jaiswal, Scott Semken *et al.*, « Kinematic and physiological analysis of medieval combat sport using motion analysis, blood lactate measurement, and heart rate monitoring: A case study », *Sensors*, vol. 11, n° 24, 2024, https://doi.org/10.3390/s24113443.

11 Ces sources sont celles étudiés pour ma thèse et qui se rapportent aux combats martiaux des guerres d'Italie : Jehan d'Authon, *Chroniques de Louis XII, quatre tomes*, Société de l'histoire de France, H. Laurens, 1889 ; Martin Bellay, *Les mémoires de messire Martin Du Bellay, seigneur de Langey. Contenans le discours de plusieurs choses advenues au Royaume de France, depuis l'an M.D.XIII. jusques au trespas du Roy François premier, auxquels l'Autheur a inséré trois livres, & quelques fragmens des Ogdoades de Messire Guillaume du Bellay, Seigneur de Langey, son frère*, Paris, Abel l'Angelier, 1586, https://gallica.bnf.fr/ark:/12148/bpt6k8705571n/f1.item ; Symphorien Champier, *Les gestes ensemble la vie du preulx Chevalier Bayard*, 2^e^ édition, Paris, Imprimerie Nationale, 2005 [1536] ; Philippe de Commynes, *Mémoires sur Charles VIII et l'Italie*, Paris, Flammarion, 2002.

12 Joachim Meyer, *The art of combat, a German Martial Art Treatise of 1570*, trad. Jeffrey L. Forgeng, Frontline Book, 2015.

13 Pour plus d'éléments sur la tradition liechtenaurienne, voir Pierre-Henri Bas, *op. cit.* ; Pierre-Alexandre Chaize, *op. cit.*, ainsi que Pascal Brioist, Hervé Drévillon, Pierre Serna, *Croiser le fer. Violence et culture de l'épée dans la France moderne (xvi^e^-xviii^e^ siècle)*, Paris, Champ Vallon, 2002.

14 Alain Corbin, Jean-Jacques Courtine, Georges Vigarello (dir.), *Histoire du corps, vol. 1. De la Renaissance aux Lumières*, Paris, Seuil, 2005, p. 110.

15 Fabrice Cognot, *Arts de combat, Théories & pratiques en Europe, xiv^e^-xx^e^ siècle*, Paris, AEDEH, 2011, p. 118.

16 Laurent Henninger, « La nouvelle histoire-bataille », *Espaces Temps*, n° 71-73, 1999, p. 38.

17 Jehan d'Authon, *op. cit.*

18 Robert III de La Marck, *Mémoires du maréchal de Florange, dit le Jeune Adventureux*, Paris, H. Laurens, 1913-1924.

19 Blaise de Monluc, *Commentaires, 1521-1576*, Paris, Gallimard, 1964.

20 Symphorien Champier, *op. cit.*, p. 133.

21 Blaise de Monluc, *op. cit.*, p. 60.

22 Voir note 11.

23 Daniel Jaquet, *Combattre au Moyen Âge, une histoire des arts martiaux en occident, xiv^e^-xvi^e^ siècle*, Paris, Arkhê, 2017.

24 Fabrice Cognot, « L'armement médiéval : les armes blanches dans les collections bourguignonnes, x^e^-xv^e^ siècles », thèse de doctorat en archéologie, ethnologie, préhistoire, sous la direction de Paul Benoit, Paris, université Panthéon-Sorbonne Paris 1, 2013, https://dx.doi.org/10.70675/15f42213z3969z4c79zb918zf6dd7374be49.

25 Abréviation d'électromyogramme, c'est une technique utilisant des courants électriques pour étudier la fonction des nerfs et des muscles.

26 Voir annexe 1.

27 Joachim Meyer, *op. cit.*, p. 266-275. Les pièces citées plus bas sont issues des traductions de Thomas Rivière, disponibles sur son site : lectureetcombat.home.blog.

28 « Zu deren schicke dich also standt mit dem lincken Fuß vor / und halte das hinder ort deines Spieß mit der Rechten hand / an der Rechten weiche / und mit der Lincken fuhre denselbigen mit dem vordern theil ubersich vor dir her. » *Ibid*, p. 270.

29 « Wann du im zufechten mit dem Lincken fuß vorkommest / und hast deinen Spieß vor deiner Lincken hand auff deiner Lincken achsel ligen / wie dir dann solches an dem obern Bilde zur Rechten hand / in der Figur: furgebildet / so hastu es recht gemacht / magst also hierauß Fechten / wie du hernach gelehrt wirst. » *Ibid*, p. 270.

30 « Fuhre deinen Spieß in der Oberhut / auff deiner Lincken achsel davon hievor gelehrt / gibe also deinem Spieß vornen einen heimlichen schwung und trit under des mit deinem Lincken fuß furt stoß also mit diesen furtrit (dieweil dein Spieß noch im vorigen schwung ubersich fleugt) fur dir hin gegen seinem gesicht also das deine beide arm nach ende des stoß auff das weitest außgestreckt seyen indes dieweil dein Spieß wider vnersich gegen der erden sinckt / soltu mit dem Lincken fuß noch ferner furttretten und dein Spieß (ehe dann er volkommen zu der erden gesuncken ist) mit beyden henden wider zu dir ziehen auch dein obern leib dem Spieß noch undersich sencken. » *Ibid*, p. 272

31 À ce sujet, le relevé des coups occasionnés et de leur localisation en fonction de l'arme, qui sont mentionnés dans la littérature témoignant d'épisodes de combat, ne comprend explicitement que des coups de piques portés au bras (2/11) et aux jambes (2/11). La majorité des coups évoqués ont un point d'impact inconnu.

32 Jacques de Mailles, *La très joyeuse et très plaisante histoire du gentil seigneur de Bayart écrite par son loyal serviteur*, Paris, Renouard, 1878 [1527], p. 342.

33 *Ibid*, p. 340.

34 À titre d'exemple, un match de boxe anglaise se compose de douze rounds de trois minutes, avec une minute de pause entre chaque, le judo et le kendo s'organisent en manche de cinq minutes, rejouables en cas d'équité, cinq minutes aussi pour la boxe thaïe dont les rencontres comprennent trois rounds, et l'escrime moderne se fait en trois manches de trois minutes.

35 Stéphane Gal, « Comprendre l'histoire par le corps et par la montagne », dans Stéphane Gal (dir.), *op. cit*, p. 107.

36 Laurent Hablot, Laurent Vissière (dir.), *Les paysages sonores du Moyen Âge à la Renaissance*, Rennes, Presses universitaires de Rennes, 2015.

37 Guillaume Levernier, « Déterminants biomécaniques de la performance en escalade : étude de la force des membres supérieurs et de la relation

force-vitesse chez les sportifs de haut niveau », thèse de doctorat en sciences du sport et du mouvement humain, sous la direction de Guillaume Laffaye, université Paris-Saclay (COMUE), 2019, https://doi.org/10.70675/e7a8850dz7c3ez4b08zb09eze18b94fb4ff6.

38 Voir annexe 1.

39 Voir annexe 2.

40 La synthèse des résultats de cette expérimentation est tirée du mémoire de stage de master de Lucas Ficheur : Lucas Ficheur, « Rapport de stage, Stage de recherche au sein du laboratoire GIPSA-Lab », sous la direction de Nicolas Termoz, Violaine Cahouet, Franck Quaine, Grenoble, 2025.

41 Voir annexe 3.

42 Voir annexe 4, qui présente les évolutions du deltoïde du premier sujet et du biceps gauche du second sujet, parce qu'ils sont les éléments les plus significatifs tirés des graphiques.

43 Voir annexe 5, figure B.

44 Zone dans laquelle, avec son arme, le combattant peut atteindre son ennemi, où il est un danger pour ce dernier.

45 Zone dans laquelle un combattant ne peut pas être touché par l'arme de son ennemi.

46 Marc Bloch, *Apologie pour l'histoire, ou Métier d'historien*, Paris, Armand Colin, 1993 [1949], p. 159.

ABSTRACTS

Français

Depuis une trentaine d'années, la recrudescence de travaux sur les pratiques militaires au début de l'époque moderne, initiée par les *war studies*, a permis de mieux appréhender les réalités de la guerre au xvie siècle. La pratique et la transmission des arts martiaux à la fin du Moyen Âge ont commencé à être étudiées, en France, à partir du début des années 2000. L'expérimentation à l'origine de cet article est le fruit d'un travail de recherche commencé en 2021, portant sur la pratique du combat martial et le corps des combattants durant les guerres d'Italie (1494-1559). Il s'inscrit dans cet intérêt renouvelé pour l'histoire militaire et tient compte de l'usage des corps dans ces affrontements et des conséquences physiologiques et psychologiques de ceux-ci. L'ensemble des gestes étudiés ici s'appuie sur des éléments théoriques tirés du traité de combat de

Joachim Meyer, qui compte parmi les ouvrages les plus détaillés et les plus didactiques concernant la transmission des gestes dans le corpus étudié dans le cadre de cette recherche, et qui a été adapté pour correspondre à la réalité du guerrier. Or, étudier ces questions, c'est souvent se confronter au silence des sources. La guerre est un moment de grande incertitude et retrouver le geste martial qui y est exécuté est une tâche difficile, qui nécessite le croisement de sources diverses et une certaine extrapolation. Pour compenser ces manques, ce travail de recherche historique a été complété par une expérimentation biomécanique réalisée en partenariat avec les équipes du Gipsa Lab. Le but est de comprendre comment le corps effectue les gestes du combat, quelles limites le combattant rencontre et quel effort cet exercice représente pour lui. Construire ce protocole et l'appliquer ont nécessité un travail de fond, réalisé avec une équipe d'enseignants-chercheurs du Gipsa Lab, dont les sujets de recherche avaient trait aux problématiques qui pouvaient relever du combat au corps à corps.

English

In the last thirty years, a resurgence in studies of the military practices of the start of the modern period – initiated by the war studies – has allowed for a better understanding of the realities of war in the 16th century. Studies on the practice and transmission of martial arts at the end of the Middle Ages started, in France, in the beginning of the 2000s. The experiment that inspired this article is based on is the culmination of four years of research work on the practice of martial combat and the fighter's anatomy during the Italian Wars (1494-1559). It is part of this renewed interest in military history, taking into account the use of one's body during a fight, and the associated physiological and psychological consequences. The set of gestures studied here is based on theoretical pieces coming from Joachim Meyer's fighting book, which is one of those most detailed and didactic works addressing the transmission of gestures in the studied corpus for this research, adapted to correspond to a warrior reality. However, studying these topics often implies facing the silence of the written sources. War is a moment of great uncertainty, and reconstructing the martial gestures performed is a difficult task that requires the cross-referencing of diverse sources and a degree of extrapolation. To compensate for these gaps, this historical research project was supplemented by a biomechanical experiment conducted in partnership with the teams of the Gipsa-lab. The aim was to understand how the body performs combat movements, what limitations the fighter encounters, and what level of effort this activity demands. Designing and implementing this protocol required extensive groundwork carried out with a team of researchers and lecturers from the laboratory, whose research topics related to issues connected with hand-to-hand combat.

INDEX

Mots-clés
combat, Renaissance, expérimentation, biomécanique, sensorialité, effort, corps

Keywords
fight, Renaissance, experimentation, biomechanics, sensory experience, effort, body

AUTHORS

Marine Haurillon
Doctorante au LARHRA
IDREF : https://www.idref.fr/299852946

Lucas Ficheur
Masterant STAPS Parcours Entraînement et Optimisation de la Performance Sportive (EOPS), Université Grenoble Alpes
IDREF : https://www.idref.fr/300095090