Document generated on 05/09/2025 10:42 a.m.

Revue Organisations & territoires

Organisations & Territoires
Réflexions sur la gestion, l'innovation et le développement

La main : pourquoi s'y intéresser à l'ère du numérique ?

Monique Lortie

Volume 33, Number 3, 2024

URI: https://id.erudit.org/iderudit/1116694ar
DOI: https://doi.org/10.1522/revueot.v33n3.1867

See table of contents

Publisher(s)

Université du Québec à Chicoutimi

ISSN

1493-8871 (print)
2564-2189 (digital)

Explore this journal

Cite this article

Lortie, M. (2024). La main : pourquoi s'y intéresser à l'ère du numérique ? *Revue Organisations & territoires*, *33*(3), 89–108. https://doi.org/10.1522/revueot.v33n3.1867

Article abstract

The purpose of this article is to show how new technologies can majorly alter the use and the place of human hands, and how this raises issues that would be wrong to neglect, since they concern the profile of future workers, customers and users. First addressed is the place of the hand in human history: its role in the evolution as a marker of identity, and a tool of action, interface and communication. Then summarized is the knowledge on the hand-brain couple. The functions likely to be profoundly modified by technological advances are then adressed: memory, communication, information gathering (tactile), creativity, and know-how. Music and writing are identified for the quality of symbiosis regarding the hand and are addressed in each of the three sections. The concluding comments target six points.

© Monique Lortie, 2025

This document is protected by copyright law. Use of the services of Érudit (including reproduction) is subject to its terms and conditions, which can be viewed online.

https://apropos.erudit.org/en/users/policy-on-use/

érudit

This article is disseminated and preserved by Érudit.

Érudit is a non-profit inter-university consortium of the Université de Montréal, Université Laval, and the Université du Québec à Montréal. Its mission is to promote and disseminate research.

https://www.erudit.org/en/

Organisations & Territoires

Volume 33 • nº 3 • 2024

Dossier spécial

La main : pourquoi s'y intéresser à l'ère du numérique?

Monique Lortie[a]

DOI : https://doi.org/10.1522/revueot.v33n3.1867

RÉSUMÉ. L'objet de cet article est de montrer en quoi et comment les nouvelles technologies peuvent altérer de façon majeure l'utilisation et la place de la main chez l'humain, et en quoi cela soulève des enjeux qu'on aurait tort de négliger puisqu'ils concernent le profil des futurs travailleurs, clients et usagers. Nous abordons d'abord la place de la main dans l'histoire humaine, soit son rôle dans l'évolution en tant que marqueur d'identité, outil d'action, d'interface et de communication. Nous résumons ensuite les connaissances sur le couple main-cerveau. Puis, nous abordons les fonctions susceptibles d'être profondément modifiées par les avancées technologiques : la mémoire, les communications, la prise d'information (le tactile), la créativité et les savoir-faire. Deux objets identifiés pour la qualité de symbiose des questions concernant la main sont abordés dans chacune des trois sections : la musique et l'écriture. Les commentaires conclusifs ciblent six points.

Mots clés : Nouvelles technologiques, main humaine, fonctions, transformation

ABSTRACT. *The purpose of this article is to show how new technologies can majorly alter the use and the place of human hands, and how this raises issues that would be wrong to neglect, since they concern the profile of future workers, customers and users. First addressed is the place of the hand in human history: its role in the evolution as a marker of identity, and a tool of action, interface and communication. Then summarized is the knowledge on the hand-brain couple. The functions likely to be profoundly modified by technological advances are then adressed: memory, communication, information gathering (tactile), creativity, and know-how. Music and writing are identified for the quality of symbiosis regarding the hand and are addressed in each of the three sections. The concluding comments target six points.*

Keywords: *Technology news, human hand, functions, transformation*

Introduction

L'introduction des technologies de l'information et des communications (TIC) a profondément modifié le travail et son organisation, et ce, avec une ampleur sans doute encore plus profonde que les transformations générées par la révolution industrielle du xixe siècle et par la généralisation des machines de production. Le développement du numérique et de l'intelligence artificielle (IA) ainsi que l'implantation de toutes les technologies associées suscitent déjà de nombreux débats et questionnements. Les études d'impact se multiplient. Mais, hormis des interrogations ponctuelles (p. ex., quant au maintien ou non de l'écriture manuscrite; Velay, 2005), la transformation du rôle de la main est peu abordée. Pourtant, le potentiel d'impact est majeur, ce qui devrait interpeler les gestionnaires et décideurs, car cela affectera tant les futurs travailleurs que les clients et usagers. Le but de cet article est d'explorer comment et en quoi la transformation du rôle de la main présente un enjeu ontologique important qu'on aurait tort de négliger.

Spontanément, on conviendra qu'avec l'essaimage à grande échelle des TIC et bientôt de l'IA, le rôle de la main – et de ses doigts – en tant qu'outil manipulateur est profondément modifié. Par exemple, le pouce, soit le doigt le plus fort et un doigt clé pour

[a] Professeure retraitée en ergonomie, Université du Québec à Montréal

la préhension depuis quelques centaines de milliers d'années (Napier, 1970; Marzke, 1992), est devenu plus ou moins un doigt de précision, utilisé pour activer les touches de clavier des cellulaires, grâce à sa grande mobilité (Tallis, 2003), et ce, avec une rapidité impressionnante. On peut, dans un premier temps, s'enthousiasmer de la capacité d'adaptation de l'humain, de la plasticité de son cerveau. Il serait cependant prudent de réfléchir à la nature des diverses transformations enclenchées et de considérer l'ensemble des fonctions de la main. Car elles ne sont pas que manuelles et instrumentales.

Par exemple, les TIC altèrent profondément les fonctions de communication liées à la gestuelle. En effet, la symbolique de la main est mise à mal. Le tactile perd de son importance, malgré le regain d'intérêt que les informaticiens portent pour le domaine de l'haptique [1], conscients que les écrans dits tactiles sont, en fait, dénués de texture. Comme le souligne l'artiste visuel Baron Lanteigne (2023)[2], qui cherche à réintroduire la main dans ses œuvres basées sur les TIC, le contrôle impliquant le doigt s'effectue dans le prolongement du regard, et non par la rétroaction issue du toucher lui-même. Les fonctions de la main en tant qu'outil et médiateur sont donc profondément altérées.

Ironiquement, le terme *digitalisation*, un anglicisme équivalent au terme « numérisation », vient de *digit* (doigts), une référence à leur utilisation pour compter, et ce, depuis la nuit des temps, mais qui est d'actualité puisque les enfants utilisent toujours leurs doigts lorsqu'ils apprennent à compter (Tallis, 2003). Rappelons que le système de numérotation en base 10 correspond à la décadactylie humaine. Certaines sociétés comptaient toutefois entre les doigts, soit une base de 8, préfigurant ainsi les octets informatiques (Ascher, 1998). Le *comput digital* utilisé dans l'Antiquité permettait d'indiquer des quantités allant de l'unité jusqu'au million (un procédé fondé sur les positions relatives des doigts entre eux et celles des mains par rapport au corps; Marrou, 1978). Notre *digitalisation* contemporaine ne conserve cependant, pour ainsi dire, que le bout des doigts. Est-ce sans conséquence? C'est ce qu'explorera cet article.

La main est par ailleurs un objet d'étude fascinant en ce qu'une multitude de disciplines, relevant autant des sciences, de la philosophie que des arts, s'y sont penchées. Merle (2018) parle même de « glorification » de la main, en particulier par les anatomistes, les philosophes et les artistes. Cet article fera d'ailleurs bonne part au monde de l'art et de la philosophie et nous espérons montrer les avantages à sortir les sciences de leurs soliloques.

La main est en fait un objet de réflexion et d'étude qui traverse toute l'histoire, avec des regards et intérêts propres à chaque époque. Par exemple, le toucher, le tactile, en tant qu'outil d'interface avec l'environnement et les objets, a été un centre d'intérêt notable chez les philosophes, puis chez les scientifiques, à partir du xviii^{e} siècle. La main qui perçoit a alors supplanté la main qui agit (celle de l'h*omo faber*, jusqu'alors au centre de la pensée philosophique. L'objet de la section 1 est de situer la place de la main dans l'histoire humaine, en commençant par ce que nous apprennent les anthropologues. Nous avons retenu quatre clés de lecture : la main en tant que marqueur d'identité, outil d'action, outil d'interface et outil de communication.

Nous évoquions ci-dessus la plasticité du cerveau en lien avec les transformations. Cette question, le philosophe allemand Benjamin (1892-1940) la soulevait déjà au début du siècle dernier (Barbisan, 2020). Hannah Arendt (1958/2015) l'a reprise dans *La condition de l'homme moderne* (*The human condition)*; elle y souligne que l'humain crée et développe de nouvelles technologies, qui le modifient à son tour profondément. Mais c'est avec la publication en 1950 par Wilder Penfield et Rasmussen d'un diagramme montrant la double importance de la représentation de la main et du visage dans le cerveau (Wilson, 1999) que la question a aussi atterri dans le champ des sciences. Elle s'est consolidée avec le développement des neurosciences et des sciences cognitives – somme toute assez récent puisque l'appellation date du milieu des années 1970 – et de technologies comme l'imagerie par résonance magnétique (IRM), qui ont permis d'explorer les connexions de la main avec les autres fonctions, comme la parole et l'audition (Dortier, 2014). On sait donc maintenant que le corps joue un rôle important dans le câblage du cerveau, pour reprendre l'expression de Fortin (2022). L'objet de la section 2 est de faire le point sur ces connaissances, essentielles pour saisir les impacts potentiels des transformations en cours.

Ce regard et les connaissances sur la main ont aussi évolué en fonction des disciplines qui se sont développées. Et elles ont été nombreuses, au xxe siècle :

- les psychologues se sont penchés sur le rôle de la main chez l'enfant par rapport aux apprentissages cognitifs (voir p. ex. les travaux de Piaget et de Vygotsky);
- les spécialistes en *Human Factor*s, sur ses limites et ses capacités;
- les spécialistes en santé, sur l'identification, la prévention ou le traitement des pathologies;
- les ergonomes, sur son utilisation au travail (perception, action, communication, etc.);
- les ingénieurs et concepteurs, sur des moyens de l'utiliser, la compléter, la suppléer, la copier, la remplacer;
- les artistes, sur ses liens avec la créativité et le psychisme (p. ex., les automatistes, les surréalistes, les calligraphes);
- les sociologues, sur la gestuelle et sur ce que l'on pourrait nommer l'asservissement de la main au travail, mais aussi sur la gestuelle en tant que langage non verbal majeur, à la fois universel et profondément ancré dans des cultures spécifiques (Pasquinelli, 2006);
- les neuroscientifiques, sur les réactions du cerveau à diverses situations ou divers stimuli. De nouvelles unions sont aussi apparues, comme la neurofinance et le neuromarketing. Et c'est d'ailleurs à ce titre que gestionnaires et économistes se sont alors intéressés à la main.

On voit donc que le champ est vaste. Il a alors fallu le délimiter et l'organiser. Nous avons choisi de faire le point, à la section 3, à travers les fonctionnalités susceptibles d'être les plus profondément altérées par les TIC.

Que l'on évoque l'histoire, les connaissances sur le cerveau ou la fonctionnalité de la main, deux activités les croisent de multiples façons : l'écriture et la musique. Nous les abordons dans chacune des trois sections.

1. La place de la main dans l'histoire humaine

Les anthropologues (voir section 1.1) se sont intéressés à l'implication de la main dans l'évolution de l'hominidé ainsi qu'aux traces de la main et à ses significations. Les liens entre la main et le langage, la main comme outil de communication visuelle et en tant que trace qu'on laisse ont plus particulièrement retenu leur attention. L'importance de la représentation de la main dans les grottes l'a d'entrée de jeu située comme un marqueur d'identité important (voir section 1.2). Les sections 1.3 et 1.4 se penchent sur la main qui fabrique et qui agit, puis sur la main comme outil d'interface grâce au toucher, et ce, à travers le regard (ontologique) qui y ont porté les philosophes. La section suivante porte sur la main qui dit et raconte, c'est-à-dire comme moyen de communication. La gestuelle occupe en effet une place majeure dans l'histoire humaine, en particulier culturelle. Nous terminons avec l'écriture (1,6) et la musique (1,7), ces deux activités manuelles qui traversent l'histoire.

1.1 Ce que nous apprennent les anthropologues sur l'évolution

Le passage à la station debout a eu des impacts majeurs sur l'évolution de l'hominidé, car il a permis de libérer la main et, en alignant progressivement la tête dans l'axe de la colonne, de libérer la mâchoire, qui cesse alors d'être un outil de préhension important (qui nécessitait une dentition fortement ancrée), ce qui a favorisé le développement des outils du langage. Cette transformation a permis à la main de développer ses fonctions de préhension et de manipulation (Leroi-Gourhan, 1964/2022). Ce dernier insiste par ailleurs sur l'importance, par cette double évolution, de la relation main-face, la main et la bouche étant par ailleurs ce qui est le plus représenté dans le cortex, et ce, de façon contigüe, comme on le verra à la section 2. Leroi-Gourhan décrit la relation main-face comme deux pôles d'un même dispositif liant les couples outil-main et langage-face. Ces deux pôles traversent notre histoire et sont encore d'actualité.

Les scientifiques ne s'entendent pas sur les débuts du langage verbal. Jusqu'aux années 1980, on situait le

début du langage articulé à 40 000 ans pour des raisons anatomiques; puis, on a considéré qu'on aurait pu articuler des voyelles bien avant, soit il y a 250 000 ans. Cependant, ils s'entendent sur la relation main-outil-langage. Par exemple, des archéologues estiment que la fabrication d'outils standardisés – les plus vieux datent de 2 millions d'années – impliquait le développement corollaire de capacités minimales de communication[3]. On estime que cela nécessitait une collaboration de groupe et, donc, la mise en place de moyens de communication, minimalement de signaux avec la main et, sans doute, des vocalises. C'est ainsi qu'on relie la fabrication d'outils au développement du langage (Wilson, 1999; Suzman, 2020/2023). Suzman s'étonne par ailleurs qu'on ait accordé aussi peu d'importance aux compétences non linguistiques, dont celles acquises par le toucher et par les interactions avec l'environnement, puisqu'une partie importante du savoir ne pouvait être transmise par les mots. Donc, tôt dans notre histoire, la main fut un outil de fabrication, mais aussi d'expression et de communication.

Avant de poursuivre, il est utile de rappeler que notre intérêt pour nos ancêtres n'est pas très ancien; le regard qu'on y porte est donc contemporain. De plus, les « amateurs » se sont avérés parfois plus perspicaces que les « experts ». Par exemple, le directeur des douanes Jacques Boucher de Crèvecoeur de Perthes, qui aimait fouiller les gravières à la recherche d'artéfacts anciens (comme les bifaces, que les ouvriers, auprès desquels il s'approvisionnait, nommaient « langues de chat »), a publié en 1843 un traité en trois volumes basé sur sa collection, *Antiquités celtiques et antédiluviennes: mémore sur l'industrie primitive*. Son traité fut joyeusement ridiculisé par la communauté scientifique. Puis, un scientifique a toutefois décidé de s'y intéresser et de les collectionner à son tour, puis de les étudier… Depuis, les travaux et le regard porté sur les outils de nos ancêtres ont fortement évolué. Par exemple, Suzman (2020/2023) cite le cas d'une lance en bois datant de 300 000 à 307 000 ans, miraculeusement conservée, et que les archéologues ont reproduite. De jeunes javelistes de calibre international sont parvenus alors à effectuer un lancer qui leur aurait valu l'or aux Jeux olympiques (d'avant 1928). La main qui façonne des outils est donc devenue un sujet d'intérêt, qu'on peut qualifier de croissant.

Un second élément notable à signaler est l'importance des représentations graphiques tracées par les mains dans les grottes (art pariétal) ou sur les rochers (art rupestre). En 2003, on en avait recensé 45 millions réparties sur 170 000 sites dans 160 pays. La main y est un des éléments les plus représentés (Anati, 2003). Ce n'est cependant qu'à partir de la seconde moitié du xx^{e} siècle qu'on s'y est vraiment intéressé. À ce jour, le plus vieux dessin identifié date de 73 000 ans (Henshilwood et collab., 2018). Saint-Martin (2007) avance même que le langage visuel a précédé le verbal dans l'expérience humaine.

La représentation de la main répondrait à deux fonctions : 1) celle de l'empreinte laissée serait identitaire puisque la main est en effet souvent représentée de façon isolée ou comme motif central répété, en négatif; et 2) comme fonction illustrative (et langagière), en montrant par exemple un geste comme le bras levé ou un bras armé (Anati, 2003). Par ailleurs, puisque les spécialistes ont observé que, sur tous les continents, on retrouve les mêmes techniques, couleurs, thèmes, système associatif ainsi que gamme de symboles et d'idéogrammes, Anati en a déduit que le mécanisme cérébral à l'origine de la création a des dénominateurs communs, en quelque sorte universels. On retrouve d'ailleurs la même idée en musique (Mâche, 2015). Nous montrerons dans la section 3 que cette universalité va peut-être être mise à mal en cette époque de mondialisation.

1.2 La main comme marqueur d'identité

De l'empreinte globale, le marqueur d'identité se déplace par la suite vers le doigt. La pratique d'identifier les documents en y laissant une trace du corps considérée comme unique, le doigt, est ancienne et serait née en Chine (une empreinte dans la cire), avant de se répandre au Japon et en Inde. Le doigt est alors une signature (Courtine et Vigarello, 2006). La prise d'empreintes comme outil policier se développera au xix^{e} siècle en Inde, avant d'être exportée en Angleterre au xx^{e} siècle, puis aux États-Unis[4]. Le système de classification Henry réfère au nom du fonctionnaire de l'administration coloniale qui en avait observé l'utilisation au Bengale. Par ailleurs, il

est intéressant de constater qu'au xxi[e] siècle, l'empreinte digitale est devenue un outil personnel d'identification, par exemple pour accéder à ses équipements électroniques. La probabilité que deux personnes aient les mêmes empreintes digitales est en effet de 1 chance sur 64 milliards (Courtine et Vigarello, 2006).

La main a aussi été un objet d'intérêt en anthropologie criminelle, comme pour la tête et le visage, les dimensions et la morphologie étant vues comme des marqueurs de la personnalité criminelle, vue alors comme innée (p. ex., Lambroso en Italie, Bertillon en France). De façon plus générale, un bon nombre d'ouvrages visant à décoder la personnalité à travers la main ont été publiés au fil des ans, soit par l'analyse de la main elle-même (p. ex., *La main parle : la chiromancie vous révèle personnalité, caractère et destin* de Dorval, 1968) ou par la graphologie. Très populaire, *L'écriture et le caractère* (1889), rédigé par Crépieux-Jasmin, un dentiste-apiculteur, connaîtra 18 éditions, dont une dernière en date de 1985. Un lecteur attentif de la littérature romancière notera que la main est souvent décrite pour qualifier un personnage, un procédé cependant notablement moins fréquent dans la littérature contemporaine.

La main fut – et demeure? – aussi un marqueur de classe sociale. Henri de Man (1885-1953), homme politique belge, écrivait que « la différence entre la main ouvrière et la main non ouvrière a, depuis toujours, été un des symboles les plus usités de la distinction de classe ». Par exemple, avoir les ongles bleus à cause de la teinture utilisée dans l'industrie de la laine était un facteur d'exclusion des fonctions municipales (de Rougemont, 1936; p.26). La main discriminait, toutes races confondues. En fait, il fut une époque où s'adonner au travail physique était carrément un motif d'exclusion du pouvoir public.

1.3 La main comme outil d'action

Le rôle de la main – sa mobilité et sa polyvalence – pour fabriquer des outils, mais aussi en tant qu'outil elle-même occupe une place importante dans les analyses sur l'évolution de l'humain (Napier, 1970; Tallis, 2003). Dans ses *Traités des parties des animaux et de la marche des animaux*, Aristote (384-322 AEC[5]) commente ainsi le propos de son prédécesseur grec Anaxagore (500 ans AEC) : « Anaxagore prétend que l'homme est le plus intelligent des êtres parce qu'il a des mains; mais la raison nous dit, tout au contraire, que l'homme n'a des mains que parce qu'il est si intelligent » (Aristote, 1885, t. 2, livre IV, chap. X, paragr. 14). Pour Aristote, la main était l'instrument des instruments. Parmi les philosophes contemporains, Heidegger (1973), en liant main et pensée, est sans doute celui qui se rapproche le plus de la pensée d'Aristote. Pour lui, « toute œuvre de la main repose sur la pensée » (p. 90), la main permettant aussi de construire son rapport au monde. Elle est vue comme plus qu'un simple outil ou utilitaire.

Les regards portés sur la main-outil sont multiples dans l'histoire. La main associée au travail dit manuel est vue de diverses façons, avec un regard tributaire du contexte et de multiples paramètres (Mercure et Spurk, 2003). Le sujet est complexe et nous ne présenterons ici que quelques exemples typiques de regard porté sur le couple main-outil de travail.

D'abord, la main qui écrit, par exemple celle des scribes de l'Égypte antique, est perçue comme noble, même si elle ne fait que recopier ou transcrire, et même si le scribe est un esclave. Le travail artisanal, le plus souvent manuel, a généralement été perçu positivement puisque le savoir-faire et la créativité étaient reconnus. L'association « arts et métiers », la *tekhnè* des Grecs antiques, est positive. La *technè ars* est construite sur la même racine que *teukhô* (« fabriquer ») et *tektôn* (« charpentier ») (Halleux, 2009). On se souviendra que le puissant dieu Héphaïstos – Vulcain chez les Romains – était forgeron et son savoir-faire, admiré. Au départ, c'est le tour de main, l'habileté en quelque sorte, qui est évoqué, puis l'élaboration du savoir-faire, qui permet, à travers un ensemble de règles et de moyens, de produire et d'agir (Halleux, 2009). C'est le « penser avec les mains » de Denis de Rougemont (1936), le *handeln* allemand, qui signifie « agir » (et aussi « faire du commerce »).

Le travail agricole, pour sa part, malgré ses exigences physiques, a souvent été perçu positivement de par ses liens à la terre. Du côté religieux, le corps et,

donc, l'activité manuelle ont pu être vus comme empêchant d'accéder à la connaissance à des niveaux supérieurs – ce que permettent le rêve, la méditation, la contemplation. Or, des ordres religieux, entre autres les Bénédictins, ont au contraire réintroduit l'activité manuelle dans les monastères comme moyen de se rapprocher de Dieu.

Avec la révolution industrielle et l'implantation des machines, la main de l'*homo faber* s'est trouvée en quelque sorte remplacée. Rappelons que les outils étaient jusqu'alors surtout des prolongements de la main, des projections d'organe; les équipements et les machines servaient à produire de l'énergie (p. ex., engins de guerre, locomotives). Avec la révolution industrielle et le développement du secteur manufacturier et des usines, le regard sur le travail de la main, sur la main-outil est devenu négatif. Le travail de la main y est décrit comme sans âme, sans intelligence, abrutissant. La main y est vue comme obéissante et coupée de l'intelligence et du savoir. On introduit même un terme pour parler de ces travailleurs : le prolétariat (Mercure et Spurk, 2003).

1.4 La main comme outil d'interface : le toucher

Le siècle des Lumières serait celui de la valorisation du toucher (Gaillard, 2014). La main y est vue comme outil de travail pour prendre de l'information, mais aussi pour sa valeur artistique ou plastique et pour son expression émotionnelle. Gaillard (2014) en montre l'importance en explorant les écrits du xviiiᵉ siècle en art, en science, en littérature et en philosophie. Elle note la polysémie déjà bien développée liée aux mots tactile/toucher. On peut aussi signaler le jugement du grand naturaliste Buffon (1707-1788), qui statue, dans son *Histoire naturelle*, sur la prééminence du toucher dans le développement de l'humain :

> C'est par le toucher seul que nous pouvons acquérir des connaissances complètes et réelles, c'est ce sens qui rectifie tous les autres sens dont les effets ne seraient que des illusions et ne produiraient que des erreurs dans notre esprit, si le toucher ne nous apprenait à juger. (Delon, 2016, p. 28)

D'ailleurs, Piaget (1896-1980) l'expliquera aussi quelque deux siècles plus tard (Renn, 2022).

Aux xixᵉ et xxᵉ siècles, l'intérêt va donc progressivement s'élargir. Ce qui retient l'attention des philosophes Nietzsche, Husserl, Heidegger, Sartre, Barthes et Merleau-Ponty, c'est la main dans sa relation au monde, dans l'expérience du vécu et en tant que source de connaissances (Housset, 2008). Sartre, dans *L'être et le néant*, reprend la question du dualisme : qu'est-ce qu'avoir un corps? Il réfléchit sur la question de la main en tant qu'outil : « Ainsi, je peux me servir de ma main pour écrire comme je le ferais d'un stylo, mais je ne peux me débarrasser de la main ». En réponse à Descartes (1596-1650), Sartre montre qu'à partir de la main, « je suis mon corps » (Noudelmann, 2008, p. 30). Cette référence à l'écriture et à la main dont on ne peut se débarrasser, cette référence au corps s'opposent au « je pense donc je suis » de Descartes (1637). Cela illustre un débat toujours d'actualité.

1.5 La main qui communique

La gestuelle comme outil de communication a notablement retenu l'attention des anthropologues, en particulier de Marcel Jousse (2008), qui y a consacré plusieurs ouvrages. Le geste pour dire a précédé le langage verbal. Selon lui, même encore aujourd'hui, le geste précède régulièrement la parole. La main peut montrer, imiter une action (p. ex., le geste d'étrangler), imiter un geste reconnu comme symbolique (p. ex., prier) ou une émotion (p. ex., la colère). Elle est donc aussi un moyen d'expression, spatial et temporel.

En art, les mains ont été utilisées comme outil narratif pour indiquer ce qu'il faut regarder, comme signifiant et signifié. Pasquinelli (2006) en a réalisé une magnifique compilation centrée sur l'art occidental.

Les anthropologues ont souligné l'universalité dans l'espace et le temps de certains gestes. Toutefois, la gestuelle de la main est aussi profondément ancrée dans des cultures, des religions ou des rituels. Par exemple, l'iconographie bouddhiste est particulièrement variée : elle va de 50 gestes de base associés aux figures du panthéon à 108 gestes pour le rituel tantrique (Wayman, 1983)[6]. On peut

aussi évoquer le cérémonial du thé au Japon, qui procède d'une gestuelle très codifiée visant à transmettre une signification spirituelle, que montre très bien le beau film *Dans un jardin qu'on dirait éternel* de Tatsushi Ōmori (2020). Des anthropologues, comme Lévi-Strauss, se sont d'ailleurs beaucoup intéressés à la gestuelle comme mode d'expression non verbal dans les rites. Dans l'opéra chinois, 107 gestes différents permettent d'exprimer les émotions ou des actions diverses (Danzig, 2017). On remarquera qu'il s'agit de cultures où la gestuelle est modérée dans l'expression courante, alors que, dans d'autres cultures, la gestuelle est surtout un outil d'expression complémentaire à la parole, qu'il peut précéder, accompagner, voire à laquelle il peut se substituer.

De fait, l'artiste multidisciplinaire italien Munari (1963) a répertorié les gestes comme supplément au dictionnaire. Et personne n'ignore les différences d'expressivité gestuelle selon les cultures. On n'a qu'à songer aux Latins, comparativement aux Nordiques ou aux Anglo-Saxons; différences qui peuvent être source de commentaires parfois racistes :

> The Latin races – the French, the Italians – are, we North Europeans believe, gesticulacious. Their numerous, loud gestures contribute little to the sense of what they are saying, adding only emphasis; empty and uncontrolled, the gestures are just what one would expect of a nation that those not queue in crisis but panics; does not fight but runs to safety.[7] (Tallis, 2003, p. 86)

Il faut signaler que le terme *gesticulation* est de nos jours utilisé de façon fort négative, alors qu'à l'origine le terme, issu du latin *gesticulo*, référait à l'art du mime et de la parodie (Tournier, 2002). Le geste fait partie intégrante de la *commedia dell'arte* et de la farce au Moyen-Âge, deux expressions artistiques essentiellement populaires. Par ailleurs, la geste en tant qu'écrit littéraire au Moyen-Âge regroupait des poèmes en vers racontant les hauts faits de héros. Jousse (2008), qui a créé un vocabulaire pour étudier le geste, rappelle l'accueil négatif des spécialistes : en 1927, une assemblée de doctes s'opposait à l'usage du mot « gestuel », dit non français et qualifié alors de Joussien.

Dans les cultures de tradition orale, la gestuelle accompagne les récits et en fait même partie. Elle a aussi pour fonction de favoriser la mémorisation des récits, leur transmission ainsi que leur écoute (Jousse, 2008).

Le geste a donc de multiples fonctions. Jousse (2008) insiste sur les interconnexions et il rejoint en cela les analyses de Leroi-Gourhan : « Nous n'avons pas d'un côté le geste, d'un autre côté le langage, d'un autre côté l'écriture, d'un autre côté le dessin. Il n'y a qu'une seule chose : cet admirable et redoutable "rejeu interactionnel des Mimèmes" » (Jousse, 2008, p. 70.). Ce dernier terme réfère à l'imitation : par exemple, l'écriture chinoise est dite mimographique. Ainsi, il existe aussi entre le geste et l'écriture un lien organique important.

1.6 La main et l'écriture

L'écriture, comme système de communication, date d'environ 4000 ans. Meeks (2018) rapporte qu'environ 40 % des ouvriers dans l'Égypte ancienne maîtrisaient l'écriture. Le scribe dit idéal était un membre du clergé ou… un artisan. Au sein de la mythologie égyptienne, on s'est tôt questionné sur l'impact de l'écriture sur la mémoire. La divinité Amon s'en inquiète auprès de Thot (Imhotep), le dieu de la connaissance et de l'écriture, qui lui répond qu'au contraire l'écriture permettra de se remémorer les événements. La mémoire devient alors externalisée.

Ces inquiétudes, Socrate les reprend, comme le rapporte son disciple Platon dans *Phèdre*[8]. En plus de la mémoire, qui devient sous-utilisée, Socrate s'inquiète de l'affaiblissement du lien avec le « centre » de l'être :

> Ingénieux Theuth, […] père de l'écriture, tu lui attribues bénévolement une efficacité contraire à celle dont elle est capable; car elle produira l'oubli dans les âmes en leur faisant négliger la mémoire : confiants dans l'écriture, c'est du dehors, par des caractères étrangers, et non plus du dedans, du fonds d'eux-mêmes qu'ils chercheront à susciter leurs souvenirs. (cité par Anati, 2003, p. 460)

Ce questionnement, comme nous le montrerons progressivement, traverse toutes les époques. À ces inquiétudes manifestées dans l'Antiquité, les auteurs en ajoutent deux autres : la divulgation de ce qui ne devrait pas l'être (Meeks, 2018), sorte d'ancêtre du secret défense, et de fausses informations (Ferrarotti, 2005).

Par la suite, une première transformation importante fut l'introduction de l'imprimerie au xv^{e} siècle en Europe. Cela a favorisé la dissémination des écrits et, de façon corollaire, l'apprentissage de l'écriture (associé à la lecture). Il est peut-être utile de rappeler ici que les Chinois avaient mis au point l'imprimerie plusieurs siècles auparavant et que les Arabes en connaissaient l'usage. La technologie ne s'était alors pas implantée, car elle était trop coûteuse à cause des types d'écriture (idéogrammes et cursive). Il était plus avantageux, sur le plan économique, d'utiliser des copistes (Mandel Khan, 2011). Au contraire, la technologie d'impression développée par Gutenberg convenait fort bien à notre écriture alphabétique et à ses quelque 26 lettres.

Les écritures alphabétiques sont phonétiques, c'est-à-dire basées sur la reproduction des sons, donc proches de l'oralité. Au contraire, l'écriture chinoise (ou japonaise, qui est basée sur celle-ci) est constituée d'idéogrammes et nécessite d'en mémoriser un très grand nombre – de l'ordre de 2000 –, en plus des règles d'exécution (p. ex., l'ordre dans lequel il faut tracer les traits; Velay et collab., 2004. L'apprentissage de ces écritures est donc basé sur la répétition sensorimotrice (Naka et Naoi, 1995), comme en musique.

Dans le cas de l'arabe, les lettres sont reliées et changent selon leur emplacement dans le mot (début, milieu, fin, indépendante) et selon le style pratiqué. Les divers systèmes d'écriture développés comportent aussi un grand nombre de règles d'exécution à mémoriser qui leur sont propres, en particulier concernant les dimensions (hauteur, largeur et courbure). Celles-ci sont indiquées en nombre de points, ce dernier étant mesuré par la largeur de la pointe du calame, l'outil d'écriture utilisé (Mandel Khan, 2011). Rappelons que cet alphabet est utilisé dans d'autres langues que l'arabe (p. ex., les Perses, divers dialectes en Afrique, en Inde, en Indonésie et en Chine). Massoudy (1981/2010) signale que la multiplicité des styles développés est due à la volonté des diverses populations lors des conversions à l'Islam de conserver des styles adaptés à leur nature et à leur écriture d'origine.

Dans ces deux cas (idéogrammes et écriture cursive), l'écriture recouvre une identité culturelle qu'il ne faudrait pas ignorer. En Asie comme en Orient, la calligraphie, qui est d'expression très libre par rapport à l'écriture, s'est aussi développée en tant qu'art majeur, associant étroitement écriture et expression artistique, indissociables de la main.

1.7 La main et la musique

La musique est un langage en soi où la main est un intermédiaire entre le son et l'instrument. Le cerveau du musicien a d'ailleurs été passablement scruté (Rochon, 2018). Nous en reparlerons dans la section 2.1 sur le cerveau. La main musicienne exécute une œuvre écrite le plus souvent par un autre artiste, qui spécifie des paramètres d'exécution (bien que cela soit moins le cas en musique contemporaine). Le musicien doit aussi éventuellement suivre les indications d'un maestro. Des années d'apprentissage et de répétition sont nécessaires pour maîtriser la concordance microgeste/son. (On pourrait presque parler de nanogestes chez les interprètes qui maîtrisent à un haut niveau l'art du toucher.) On ne saurait donc mépriser cette main.

Deux points musicaux nous semblent d'un intérêt particulier : la question du rythme et les transformations technologiques.

Le rythme

Nous avons précédemment mentionné la référence aux doigts pour compter (systèmes de 10 et de 8). Le grand compositeur – et ornithologue – Messiaen (1994) s'est beaucoup penché sur cette question du rythme (p. ex., dans la poésie grecque de l'Antiquité, ce qui unit musique et parole). Il réfère aussi à la main pour situer les origines des rythmes anciens (5 : les doigts; 3 : les phalanges). Plusieurs grands systèmes sont en effet pentaphones (5 sons). Il faut aussi rappeler l'importance des percussions, qui sont aussi des moyens de

communication utilisant essentiellement la main : doigts, bouts des doigts, paumes, etc.

La main a aussi été utilisée comme outil de mémorisation. Au Moyen-Âge, la « main musicale », inventée au xi^e siècle, permettait de mémoriser la musique grâce au procédé mnémotechnique; les notes y étaient transcrites à l'aide des sept premières lettres sur les phalanges [9].

Les transformations technologiques

La musique a aussi subi des transformations technologiques – et compositionnelles – notables. Par exemple, il y a plus de 100 ans, on inventait le thérémine, une sorte d'ancêtre des instruments électroniques, qui était joué sans que la main ne le touche; l'instrument réagissait à la position de la main dans l'espace. Cet instrument ne s'est pas tellement implanté. Par ailleurs, on observe que le développement de la musique électronique n'a pas conduit à l'exclusion des instruments traditionnels manipulés par la main. Il y a là une leçon à retenir.

2. La main et le cerveau

Cette importance de la main que nous venons de décrire se traduit dans le cerveau de deux façons : 1) l'importance de la représentation de la main comme telle et 2) la nature des interconnexions, parfois mises en évidence au détour d'une pathologie (p. ex., l'agraphie, une pathologie du langage où la personne atteinte ne peut former les symboles écrits du langage) ou d'une blessure. Toutes deux sont maintenant bien établies grâce au développement de technologies comme l'IRM, qui permet de cartographier l'activité cérébrale en fonction du vécu des sujets, mais aussi de suivre en temps réel leurs réactions.

Avant de faire le point sur la main dans le cerveau, il faut rappeler que, si les liens motricité/cognitif sont maintenant bien démontrés – cela est même devenu un domaine de recherche spécifique –, ce ne fut pas toujours le cas. Au xix^e siècle, lors de la révolution industrielle, on ne pensait pas que le cerveau était impliqué dans la motricité. De grands scientifiques, dont le célèbre neurologue britannique John Hughlings Jackson (1835-1911), considéraient que les circonvolutions du cortex n'étaient pas conçues pour le mouvement, mais uniquement pour les idées (Bourassa, 2006). Cette dernière explique comme une retombée du cartésianisme voulant que les idées occupent une position supérieure et ne dépendent pas des actions.

C'est au xx^e siècle qu'on sortira le corps – et la main – de sa seule fonction mécanique. Le « penser avec les mains » de Rougemont (1936)[10] est à comprendre dans ce contexte, ainsi que les réflexions des philosophes évoquées à la section 1.4. On oublie parfois que le développement de la psychologie cognitive est plutôt récent (1956) et que la référence aux sciences cognitives date de moins de 50 ans (Dortier, 2014). De nouveaux champs d'application se sont développés, comme le neuromarketing et la neurofinance. Nous en avons retenu deux études qui impliquent la main (voir section 2.2).

On parle aussi de neurophilosophie, mais son existence est passablement discrète et peu influente. Nous laisserons aussi de côté les travaux en cognition motrice, plus récents encore. Signalons au passage que plusieurs livres importants sur la main, surtout issus de la littérature anglo-saxonne, accordent une grande importance aux dimensions de motricité et de dextérité (Napier, 1970; Wilson, 1999; Tallis, 2003). Ces trois auteurs importants sont issus du monde médical, où les pathologies de la main, donc la main dysfonctionnelle, ont été un déclencheur d'intérêt majeur. Enfin, le cervelet et les corps striés[11]sont aussi importants pour la motricité et l'organisation du mouvement, mais de façon plus générale. Nous ne les aborderons pas non plus.

2.1 La place de la main dans le cerveau et ses interconnexions

Notre cerveau possède, le long du sillon central qui sépare les lobes frontal et pariétal, des circonvolutions où on peut séparer, de la base au sommet, les groupes de neurones contrôlant la face, les doigts, les membres et le tronc. Environ 80 % de ces neurones sont voués au contrôle de la face (en particulier la langue, les lèvres, le pharynx) et des membres supérieurs (en particulier les doigts). Cette contigüité langue/main est importante. À la section 1.3, nous avons parlé du lien

main/langage. En effet, les régions responsables du langage sont proches et interconnectées avec celles de la motricité des mains et du visage. Quand l'aire motrice du langage s'active, l'aire de Broca, soit l'aire prémotrice propre au langage gestuel, s'active aussi (Rochon, 2018), ainsi qu'avec les comportements non linguistiques comme la fabrication et l'utilisation des outils. D'ailleurs, on observe que, à la suite d'un accident vasculaire cérébral (AVC), les effets sur le langage sont les mêmes, que le patient soit sourd ou ait une audition normale (Wilson, 1999). Récemment encore, on croyait que l'aire de Broca était exclusivement dédiée au langage (Suzman, 2020/2023).

Le chirurgien, anatomiste et artiste écossais Charles Bell (1774-1842) insistait déjà, il y a près de deux siècles dans son traité sur la main (1833)[12], sur l'importance de la coordination main/œil et de la coordination entre les sensations tactiles et rétiniennes. On sait maintenant que les sensations des bouts de doigts et du pouce sont traitées pas le cerveau de la même façon que les parties les plus sensibles de la rétine, la macula (Wilson, 1999). Essentiellement orientée vers le but, elle permet un déplacement précis, ce qui implique aussi que le cerveau intègre une représentation du but du mouvement (Jeannerod, 1997).

La main est aussi connectée à d'autres sens, en particulier à l'audition. La musique en offre un bon exemple. Ce qui permet d'améliorer la technique et la sonorité, c'est la connexion neuronale sensorimotrice immédiate, son câblage. Exécuter avec virtuosité une œuvre musicale exige une connexion très directe, qui s'acquiert essentiellement à travers la répétition, nécessaire à la mémorisation du microgeste associé au son.

Le vieux proverbe latin selon lequel *la répétition est la mère de l'apprentissage* ou l'adage selon lequel *la répétition est la mère de la mémoire* ont des fondements on ne peut plus physiologiques. Chez les violonistes, l'IRM montre que la représentation corticale du petit doigt gauche et du pouce est beaucoup plus grande que chez les sujets de contrôle qui n'ont jamais appris à jouer du violon et cette grandeur cérébrale dépend de l'âge où a débuté l'apprentissage. Elbert et ses collègues (1995) estiment qu'il y a trois fois plus de dendrites activées chez les violonistes (80 000, comparativement à 25 000) et ils expliquent cet écart par la plasticité cérébrale associée à la mémoire procédurale liée aux apprentissages sensorimoteurs. Rochon (2018) a montré que les grands improvisateurs musicaux ont aussi une mémoire fonctionnelle supérieure à la moyenne.

Sur le plan visuel, on peut citer la calligraphie, qui s'apprend à travers la répétition intense du geste pour maîtriser des éléments comme la pression sur le pinceau, la vitesse, l'angle et la rotation (Mediavilla, 2004) ou le contrôle du calame (p. ex., le pivotement, la vitesse d'arrêt et la variation de la pression; Massoudy et Massoudy, 2002).

Revenons à l'action. Piaget – et par la suite Vygotsky –, dans ses études sur les enfants, insiste beaucoup sur le rôle des actions et des manipulations pour l'élaboration des structures cognitives (Renn, 2022). L'idée est que la cognition est un processus actif, conditionné par des expériences où la réalité est transformée par le comportement et par l'action. L'action amène une réponse/résultat, ce qui permet de développer des comportements adaptatifs, soit les capacités d'anticipation et de réflexion (Renn, 2022).

Il faut signaler ici que le cerveau du bébé n'est qu'à 25 % de ce qu'il aura atteint à la puberté. En comparaison, le cerveau du bébé chimpanzé est de 40 % de celui qu'il atteindra un an plus tard (Suzman, 2020/2023). Le développement du cerveau chez l'humain est donc à la fois plus important et plus lent. On peut se réjouir de la grande plasticité du cerveau humain, mais aussi s'interroger sur les conditions de développement en lien avec les transformations actuelles du rôle de la main.

Un dernier point à considérer : les liens avec la pensée et la créativité. Des études montrent que le mouvement contribue à la fluidité de la pensée (Bourassa, 2006). Chez les improvisateurs musicaux, l'IRM montre que des mécanismes relevant du subconscient sont à l'œuvre pour arriver à composer et à jouer de façon spontanée. Certaines régions normalement fonctionnelles sont inhibées au profit de régions impliquées dans la créativité, soit les régions du cortex préfrontal (Rochon, 2018).

Au final, dans la mesure où le corps est notre interface avec le monde, et où cognitif et motricité sont étroitement imbriqués, on ne s'étonnera pas que la main joue un rôle central dans la relation corps/cerveau et dans le développement du cerveau et de son « câblage ». En fait, la représentation de la science-fiction, où le cerveau agit sans corps, n'a pas de sens sur le plan physiologique (Fortin, 2022).

2.2 La main en neuromarketing ou en neurofinance

Ce qui a favorisé l'essor du neuromarketing est la possibilité d'en utiliser les résultats pour améliorer la rentabilité. Par exemple, au cinéma, on s'est intéressé aux séquences où susciter la peur est un objectif important. Un résultat inattendu fut qu'une séquence montrant une main rampante le long d'un mur suscitait une réponse des amygdales (le site des émotions) plus forte qu'une scène montrant le personnage le plus malfaisant du film surgir brusquement (étude citée par Kotler, 2010). Par ailleurs, les écrits littéraires ciblant la main comme source de terreur ne manquent pas (p. ex., *La main d'écorché* de Maupassant; *La main coupée* de Blaise Cendrars; *La jeune fille sans mains* des frères Grimm; et *Les mains d'Orlac* de Renard). L'IRM confirme donc que la main a un rapport à l'émotionnel qui peut être fort.

La main a aussi retenu l'attention en tant que facteur qui favorise une décision d'achat. Ainsi, des études montrent que des gens seraient plus enclins à acheter un produit s'ils peuvent le toucher (Peck et Wiggins Johnson, 2011), celui-ci étant relié à l'émotionnel, au désir. Signalons ici que Renn (2022), dans son ouvrage *L'évolution de la connaissance : repenser la science pour l'Anthropocène*, rapporte qu'au début, on s'était essentiellement concentré sur le couple stimuli/réponse, sans analyse des structures mentales internes ou du processus de pensée. Il faudrait peut-être éviter de reproduire cette orientation en neuromarketing.

2.3 Breveter les gestes

La multinationale américaine Apple, au départ, a établi sa marque en développant des systèmes d'exploitation conviviaux, s'inspirant des modes de fonctionnement utilisés dans le travail de bureau. Dans la même perspective, elle a par la suite cherché à intégrer, dans le développement des écrans dits tactiles, des gestes de base ayant une relation de signification avec la gestuelle humaine. La fonction zoom, par exemple, en écartant pouce et index, présente une analogie avec l'idée d'agrandir. Apple a donc déposé des brevets sur ces gestes, qui furent par la suite à la base d'un grand procès impliquant Samsung (à partir de 2012). La Cour suprême des États-Unis a finalement retenu un seul geste-brevet : le glissement du doigt pour ouvrir. La tendance à breveter le « vivant » n'est donc pas anodine et peut aller très loin.

3. Les fonctions de la main modifiées par les nouvelles technologies

Dans cette partie, nous faisons le point sur les fonctions qui seront les plus affectées et comment.

3.1 La mémoire

La mémoire prend de multiples formes, qui reposent sur différentes structures neurobiologiques. La théorie du neuropsychologue américain Larry Squire statue sur l'existence de deux systèmes de mémoire : 1) la mémoire déclarative (ou explicite), qui comprend le rappel et la reconnaissance consciente des faits et des événements; elle dépend de l'hippocampe; et 2) la mémoire procédurale (ou implicite), qui concerne les apprentissages sensorimoteurs; elle implique les corps striés et le cervelet (Lieury, 2013). Ces deux types de mémoire ont fait l'objet d'une multitude d'études dans le domaine du travail.

Le cas du violoniste

Le cas du violoniste exposé dans la section 2.1 référait à la mémoire procédurale, basée sur des apprentissages sensorimoteurs et sur leur haute répétition. Cette mémoire s'inscrit dans le corps et a une longue durée. Exécuter avec virtuosité une œuvre musicale exige en effet un passage direct par la main. La main ne peut pas se déplacer rapidement sans cette mémoire, l'écueil étant par la suite d'éviter le passage

en mode automatique d'une chaîne de stimuli de type signal-réponse.

Le cas de l'écriture manuscrite

L'écriture manuscrite implique les deux types de mémoire. Il est donc pertinent de se questionner sur sa place dans les apprentissages. On a vu à la section 1.6 que les systèmes d'écriture sont très différents. L'apprentissage d'un alphabet requiert surtout une habileté motrice pour former les lettres, leur mémorisation étant simple en soi. Au contraire, l'écriture à base d'idéogrammes exige une mise en mémoire d'un grand nombre de signes pour pouvoir lire et de règles d'exécution pour pouvoir écrire.

Le chinois comprend 85 000 caractères et 214 radicaux. Il existe d'ailleurs des projets périodiques pour le simplifier (Dong et collab., 2019). Son apprentissage, basé sur la répétition sensorimotrice, permet de mémoriser le geste de l'écriture, mais aussi le signe et sa signification, soit ce qui est à lire et à comprendre. L'IRM montre d'ailleurs que la simple présentation de lettres provoque chez les droitiers adultes l'activation d'une zone située dans le cortex prémoteur, même si aucune réponse motrice n'est requise. Velay et ses collègues (2004) parlent d'une sorte d'écriture mentale. Naka et Naoi (1995) signalent que, quand un lecteur japonais hésite devant un caractère complexe, il fait appel au *ku-sho* (écrire avec les doigts en l'air) pour retrouver sa signification.

Avec le clavier, on mémorise un emplacement; avec l'écriture, la forme. Puisqu'en Chine on accorde une grande importance à l'écriture, elle est au cœur du système d'éducation et sa mémorisation implique une pratique quotidienne[13] (Dong et collab., 2019). Ainsi, l'omniprésence des claviers suscite beaucoup de discussions, car elle implique l'utilisation du pinyin, une transcription phonétique de la langue. Le pinyin permet de romaniser les sons des sinogrammes et d'indiquer le ton utilisé pour la prononciation. (Ainsi, un même mot, selon l'intonation, peut correspondre à des signes et à des significations très différents.) Quand on tape les lettres, le logiciel propose des sinogrammes correspondants. On se penche donc régulièrement sur leur impact dans l'apprentissage de la langue (Zhou et collab., 2020; Lyu et collab., 2021). Le gouvernement chinois, constatant que l'implantation des ordinateurs et des claviers affaiblissait la mémoire de la langue elle-même, a d'ailleurs décidé d'augmenter les périodes de pratique de l'écriture manuscrite – et de diminuer les périodes d'anglais.

Ironiquement, aujourd'hui, ces cultures favorisent le maintien de l'écriture manuscrite pour maintenir la mémoire (tant déclarative/le signifié, que procédurale/le geste) de la langue. On peut raisonnablement avancer que cette orientation génèrera des développements cérébraux différenciés et des types d'usagers et de travailleurs différents.

Dernier point : on sait que les supports utilisés ont un impact sur la mise en mémoire. Avec le document écrit, la mémoire est spatiale et temporelle, ce qui aide aussi à faire des liens. Or, sur un miniécran, la mémoire spatiale est substantiellement amoindrie. Si, dans bien des endroits, on proclame la fin de l'imprimé, la Suède, un pays souvent d'avant-garde dans les expériences d'introduction des TIC, vient de réintroduire dans ses classes les manuels scolaires en papier (France 2, 2023).

3.2 La communication

Les miniécrans utilisés empêchent cette fonctionnalité de la main; le geste devient invisible. Cela est vrai aussi des communications ou réunions à distance, où seuls le visage ou le haut du tronc apparaissent. De plus, on peut observer que, dans bien des situations d'interaction, les gens ont une main qui reste mobilisée à tenir le cellulaire. Cette main ne communique plus – ni ne touche, d'ailleurs. Comme nous l'avons mentionné dans la section 2.1, les aires corticales des mains et de la langue sont interreliées. On peut ainsi s'attendre à un appauvrissement, qui ne sera pas anodin. Présentement, la main qui communique, c'est souvent simplement le pouce, qui s'active sur un miniécran.

3.3 La prise d'information et le toucher

Le tactile, le toucher joue un rôle important, qui se reflète dans le multisémantisme remarquable de ce mot. On sait que les organes du toucher se développent très tôt dans la maturation du fœtus. À la naissance, il serait l'un des premiers sens à être activés (Corbin, 2016).

Le toucher n'est évidemment pas exclusif à la main, mais il est important dans les activités manuelles. À ces cinq sens, Saint-Martin (2007) ajoute la main en elle-même, de par la richesse des informations qu'elle prélève : « Main : par laquelle on connaît ce qu'est saisir, aplatir, lisser, briser, lancer, soutenir, arrondir, griffer, happer, frapper, caresser, couper, pousser, plier, etc. » (p. 272). La tactilité elle-même est multiple : il peut s'agir du thermique (chaud/froid), de la texture (lisse/rugueux), de la pénétrabilité (mou/dur), du continu (successif, simultané, rythmique, clos, etc.) (Saint-Martin, 2007). La main est donc un capteur important d'informations et on ne saurait comprendre le travail manuel, si on ignore cette variété des informations captées et traitées.

Par ailleurs, l'haptique « moderne » s'intéresse de près à ces capacités en lien avec les développements des technologies électroniques et informatiques (robotique, jeux vidéo, immersion/simulation et opérations à distance; Otaduy et Lin, 2005) et le psychomarketing. Ce peut être nécessaire pour le travail (p. ex., rétroaction tactile en chirurgie avec écran de visualisation), mais aussi pour améliorer l'expérience du virtuel ou pour influencer un contexte de décision (p. ex., achat). L'haptique intègre alors la dimension kinesthésique, à savoir que la main est active et que la perception n'est pas que passive.

Anni Albers, grande spécialiste théoricienne et historienne du tissage, déplorait l'amoindrissement des expériences tactiles par rapport à la survalorisation du visuel. Dans son ouvrage publié en 1965, elle écrit :

> L'industrie moderne nous évite un lent et harassant labeur; mais, elle nous empêche aussi de prendre part à la mise en forme des matériaux, sous-exploite notre sens du toucher et en conséquence, les facultés formatrices qu'il mobilise. Nous touchons les choses pour nous assurer de la réalité. Nous touchons les objets que nous chérissons. Nous touchons les choses que nous formons. Nos expériences tactiles sont fondamentales. (Albers, 1965, p. 66)

C'est exactement ce que les concepteurs d'outils virtuels cherchent à intégrer quelques décennies plus tard ou ce que le neuromarketing propose de prendre en compte.

Enfin, il est intéressant de rappeler que le concept d'haptique (du grec *haptonal* signifiant toucher), qui a commencé à se diffuser à la fin des années 1960, s'est fait en grande partie en marge du domaine de la recherche en physiologie du travail, en ergonomie ou en *human factors*. Ce qui est intéressant avec les innovateurs de technologie (incluant l'IA), c'est que le recueil de données sur la main au travail (ou non) demeure central au développement de ces outils ou équipements.

3.4 La main et la pensée créative

Dans *Le cerveau et la musique*, Rochon (2018) explique : « Lorsque j'improvise, ce n'est pas moi qui joue, je perds conscience de ce que je fais, du temps qui passe, et j'ose affirmer que c'est quelqu'un d'autre qui joue à ma place! » (p. 91). En musique, mais aussi dans d'autres domaines de création, les artistes ont régulièrement réfléchi à la question du rapport main/créativité/pensée comme accès à l'inconscient. Dans la foulée du développement de la psychiatrie et de la psychanalyse, Rolland (2021) parle même d'une langue/main, en lien avec l'inconscient. On peut penser aux surréalistes, aux automatistes et à l'écriture automatique, mouvements qui n'ont cependant guère survécu (Saint-Martin, 2007). Des mouvements comme l'*action painting* aux États-Unis ont aussi mis le geste au centre de la création. En peinture abstraite, Kandinsky (1989) parle beaucoup d'aller à la recherche de l'intériorité, ce qui pour lui est plus important que la forme. Dans le contexte des développements informatiques et des nouveaux moyens offerts, les artistes contemporains poursuivent ces interrogations.

En fait, on peut dire que c'est le retour du questionnement de Socrate ou, plus précisément, de son inquiétude manifestée avec l'introduction de l'intermédiaire qu'était l'écriture. Il craignait que cela amoindrisse le lien avec « l'âme ». Depuis, il y a eu la dactylo, puis le clavier d'ordinateur, et la question s'est déplacée vers les outils d'écriture. Toutefois, les artistes interrogent en général surtout la main qui tient l'outil, qu'il s'agisse d'un crayon, d'une plume ou d'un pinceau. La main-outil est vue comme favorisant la pensée ou la créativité, voire les deux.

Par exemple, l'auteur Dany Laferrière produit, depuis quelques années, une œuvre qui intègre écriture manuscrite et dessin. Lors d'une conférence donnée à l'Acfas en mai 2023, il a expliqué que cette décision venait de son désir de renouer avec la main. On songe à cette phrase de Mallarmé : « L'écriture est faite des gestes de l'idée » (Barthes, 1995/2007, p. 126). D'ailleurs, plusieurs artistes au xxe siècle ont associé écriture et dessin, tant chez les écrivains que les peintres. Par exemple, Dostoïevski (Saraskina, 2008) et Pouchkine (Collonges et Kudryashov, 2000) dessinaient beaucoup dans leurs manuscrits, Cocteau aussi. Plusieurs peintres intègrent l'écriture dans leur œuvre (p. ex., Henri Michaux, Cy Twombly et Hans Hartung), voire en font une forme majeure de leur mode d'expression, comme les logogrammes de Dotremont, qui disait « *j'écris pour voir* » (Alechinsky, 2004). Heidegger disait de l'écriture qu'elle ne peut pas se comprendre sans l'outil que constitue la main, car l'écrivain travaille au corps le texte, la main étant ce qui permet d'articuler sa pensée et son texte. Elle ne transmet la pensée que comme un simple outil vidé de son contenu, mais c'est plutôt elle qui pense, car elle fait respirer et palpiter (Han, 2015). On dira que l'introduction de la dactylo ou des claviers n'a pas empêché d'écrire ni de penser. Or, il demeure que l'enjeu est constamment abordé par les artistes dans la production de leur œuvre. À bien y penser, c'est peut-être plutôt la fonction créative et spontanée qui est évoquée.

De fait, les études menées auprès de designers industriels montrent que le passage par l'esquisse à main levée demeure un outil important dans leur pratique, malgré leur grande maîtrise des outils informatiques (Ranger et collab., 2019). Les architectes tiennent le même langage. Wilson (1999) rapporte qu'un directeur des studios de LucasArts Entertainment disait observer que les concepteurs créatifs étaient ceux qui, jeunes, avaient beaucoup dessiné à la main.

Albers (1965/2021), pour sa part, associe le tactile en lui-même à une source de créativité. Elle déplore l'appauvrissement des expériences tactiles, du contact avec les matériaux, tout comme Baron Lanteigne (2023). Albers ajoute : « Nous sommes bien en peine de trouver un stimulus capable d'éveiller notre élan créatif, comme le ferait un matériau encore informe, une matière "brute" » (1965/2021, p. 67).

3.5 La main, le savoir-faire et le concret

Le savoir-faire s'élabore en partie à travers la répétition. On le comprend bien pour le musicien ou le calligraphe. D'ailleurs, il est signifiant que plusieurs des philosophes ayant réfléchi à la question de la main jouaient d'un instrument, comme Nietzsche, Sartre ou Barthes (Noudelmann, 2008). Or, ce qui est répétitif est vu comme sans intelligence, contraignant et abrutissant – ce qui peut être le cas, bien sûr. Mais c'est aussi ce qui permet de développer le geste exact.

Par exemple, l'observateur de temps et mouvements qui doit décomposer tous les gestes en mouvements unitaires pour en mesurer la durée doit aussi en évaluer l'allure, la vitesse. En fait, ce qui différencie les opérateurs très habiles ou expérimentés, c'est la fluidité et la précision du geste, et non la vitesse. Un opérateur peut expliquer qu'il apprécie une tâche parce qu'il a mis six mois à développer le geste précis.

Il n'est pas rare non plus de croiser, dans le monde du travail manuel, des gens qui ont quitté un travail dit « intellectuel » par nécessité de « renouer » avec la main, par désir de connexion avec le concret. Crawford (2009/2016), qui a d'abord fait des études en physique, puis un doctorat en philosophie politique, explique bien, dans son *Éloge du carburateur*, cet appel de la main au travail. De son côté, de Rougemont (1936) se réfère à la main comme métaphore d'action concrète et se montre critique de ce qu'il nomme « les cerveaux sans mains ![14] qui jugent de haut, mais de loin, et toujours après coup, la multitude des mains sans cerveaux qui travaillent sans fin par le monde, peinant en pure perte » (p. 147).

Conclusion

L'idée que la main puisse devenir inutile n'est pas nouvelle. Des romanciers y ont déjà réfléchi. Par exemple, Theodore Sturgeon, dans une nouvelle écrite en 1941, imaginait déjà des êtres supérieurement intelligents, si évolués qu'ils en auraient perdu tous leurs membres, ceux-ci n'étant plus utiles. Ces êtres devenus stériles s'ennuyaient cependant profondément.

L'historien Harari (2018), dans ses *21 leçons pour le xxi^e^ siècle*, semble au contraire plutôt s'en réjouir. En fait, il ne parle pas de la main spécifiquement, mais ses propos reviennent à en donner le contrôle à plus sage que son propriétaire et les multiples capteurs rendent inutiles ses fonctions d'interaction avec l'environnement.

À l'opposé, le philosophe sud-coréen Han (2015) s'inquiète de l'atrophie de la main :

> L'homme à venir n'aura plus besoin de ses mains. Il n'aura plus rien à manier, à travailler car ce ne sont pas les choses matérielles qui le requièrent, mais seulement les informations immatérielles. Et ce qui restera de la main, c'est le bout des doigts. Le nouvel homme joue de ses doigts, au lieu d'agir avec ses mains. (p. 48)

Ainsi, il n'est plus un *homo faber*, mais un *homo ludens*, l'homme qui joue[15]. Han rappelle que, si les doigts furent utilisés pour compter, cela n'a jamais été leur fonction principale. En fait, on peut se demander si la popularité des cellulaires n'a pas en partie un lien avec son statut d'extension de la main.

Il semble, au final, que la plus grande part des inquiétudes manifestées est issue des philosophes et des artistes. L'histoire nous enseigne que leurs questionnements et réflexions sont souvent très pertinents, puis finalement appuyés par des résultats d'études scientifiques quelques décennies plus tard. La science est importante, mais les scientifiques manquent de temps pour réfléchir (dans leur course à obstacles aux subventions, publications, citations, etc.). Les gestionnaires et financiers, de leur côté, sont préoccupés par des enjeux de rentabilité, où les questions ontologiques sont assez lointaines. On le voit bien dans les recherches menées sur le tactile en neuromarketing. Or, dans le cycle de transformations actuelles, les gestionnaires (financiers et économistes) jouent un rôle moteur important. Ils ont à ce titre une responsabilité majeure.

De notre étude, six points nous semblent importants à retenir :

1. Main et cerveau sont étroitement imbriqués

La main joue un rôle important dans la mémorisation, la communication, le développement de savoir-faire, la créativité ainsi que le lien avec nous-même, avec le monde qui nous environne. Elle est profondément associée au langage, à l'audition, au visuel. Même si les ingénieurs et spécialistes qui développent des outils cherchent à en intégrer des fonctions, il reste que les TIC sont appauvrissantes. Bien des emplois manufacturiers vont disparaître et personne ne s'en plaindra. Cependant, les emplois du futur non délocalisables seront des emplois manuels; ceux qui sont présentement méprisés et sous-évalués. Un curieux constat est que, si l'haptique a enrichi son point de vue au fil des décennies (du simple capteur de pression à la main active), en gestion, on a fait l'inverse. On a réduit la main à quelque chose de simple et facilement remplaçable. On l'a isolée de l'ensemble de ses fonctions.

2. Digitalisation/numérisation : deux regards différents

Les gestionnaires en font une utopie, les artistes, une dystopie. La dystopie a le mérite de remettre en question l'utopie béate. Il est incontournable que les profondes transformations du rôle de la main et de son utilisation auront un impact sur le futur utilisateur et travailleur.

3. Le futur utilisateur ou travailleur : un cerveau au câblage assez différent

Son cerveau risque d'être moins bien outillé côté mémoire, communication et savoir-faire. Son identité sera de plus en plus numérique et moins « corporelle ». Par ailleurs peut-on penser sérieusement que le bébé dans sa poussette, absorbé par son petit écran, si tranquille – tout comme son parent, si fier de ses habiletés à peser sur les

touches –, qui ne manipule plus, ne regarde plus autour, ne communique plus avec son environnement ne sera pas très différent de l'humain actuel, futur client ou travailleur?

4. Les empreintes

Leur collecte était, il y a peu de temps, très règlementée, puis progressivement banalisée (au départ, sous raison de lutte antiterroriste et de sécurité) et désormais généralisée. Les vastes bases de données où elles sont rassemblées présentent un coût écologique important et, surtout, un risque de contrôle indu.

5. Les interventions d'État

À ce sujet, c'est sans doute le gouvernement chinois qui se montre le plus interventionniste : limite des durées d'exposition à l'écran chez les jeunes et bonification de la pratique de l'écriture. La Suède a, de son côté, réintroduit les manuels scolaires en papier (France 2, 2023). On parle de deux pays fort différents, mais avant-gardistes dans l'introduction des TIC et qui semblent y réfléchir.

6. Redonner une place à la main, donc au concret

Cela veut dire explorer des options qui permettent de restituer certaines fonctions. La main communicante implique des rencontres en présence. La main mémoire implique le retour partiel à l'écrit ou au développement de pratiques comme la musique et à des supports matériels, qui favorisent aussi la mémoire et le tactile.

Pour terminer, une anecdote. Il s'agit d'un même exemple utilisé dans deux contextes bien différents: l'art religieux (Frère Jean, 2020) et un roman qui se situe dans un contexte d'entreprise (Coppey, 2013).[16] Le premier met en scène un architecte et le second, un gestionnaire. Chacun visite un / son atelier de tailleurs de pierres et demande aux ouvriers : « Que faites-vous? » Le premier répond : « Je gagne de l'argent/mon pain ». Le second : « Je taille des pierres. » Le troisième : « Je construis une cathédrale. » Les deux auteurs signalent la supériorité 'morale' du troisième ouvrier. Avec le premier, la conclusion est spirituelle. Avec le second, le conférencier, qui utilise cet exemple dans un cadre de formation, le commente plus longuement. Il explique alors que ce troisième ouvrier est l'exemple à suivre, car il est celui « qui a intériorisé la vision de l'entreprise ». Cependant, il ajoute qu'il est important de ne pas mépriser les deux premiers collaborateurs, ceux qui se contentent de gagner leur pain ou de tailler des pierres. Sans s'en apercevoir, ils œuvrent aussi à un grand projet :

> Tailler des pierres est un art, c'est s'enrichir intérieurement et se prouver sa propre valeur. […] Il convient de laisser au tailleur la marge d'autonomie suffisante pour qu'il se sente artiste et non simple exécutant, car la logique du gagne-pain peut facilement conduire à une vie de travailleur triste, morne, indigne d'être vécue. […] [Les tailleurs de pierres] n'auront peut-être jamais parlé avec l'architecte et n'auront qu'une compréhension limitée de leur contribution, et donc des difficultés à se sentir les auteurs de l'édifice. (p.93-94)

Décidément, la main mène vraiment sur de multiples chemins.

NOTES

1 Les chercheurs en informatique mènent des réflexions souvent d'une grande pertinence sur les impacts des TIC. La revue *Communications of the ACM* de l'Association for Computing Machinery est très intéressante à cet égard.

2 Artiste québécois né en 1987; le commentaire vient d'une entrevue menée par D. Roland incluse dans la monographie (conçue par V. Lasserre) à l'occasion de son exposition au Centre des arts d'Enghien-les-Bains.

3 Voir le site du Muséum national d'histoire naturelle de Paris : https://www.mnhn.fr/fr/depuis-quand-l-humain-est-il-capable-de-parler.

4 Pour une histoire des empreintes digitales, voir Dhillon (2019).

5 Avant l'ère commune : remplace depuis quelques années « avant Jésus-Christ ».

6 Voir aussi la page web *Reconnaître les gestes symboliques* de l'Institut d'études bouddhiques : https://bouddhismes.net/index.php?option=com_content&view=article&id=146:reconnaitre-les-gestes-symboliques&catid=15&Itemid=131#:~:text=Cet%20ouvrage%20de%20350%20pages%20exclusivement.

7 Les races latines – les Français, les Italiens – sont, croyons-nous Européens du Nord, des gesticuleux. Leurs gestes nombreux et emphatiques n'apportent que du bruit à ce qu'ils disent ; vides et incontrôlés, ces gestes sont exactement ce que l'on pourrait attendre d'une nation qui en cas de crise panique au lieu de patienter ; qui court se mettre à l'abri au lieu de se battre. (traduction libre)

8 Socrate n'a laissé aucun écrit.

9 Pour plus d'informations sur la main guidonienne, voir https://blogs.univ-tlse2.fr/musique-renaissance/theorie-pratique/terminologie-definitions/la-solmisation.

10 Philosophe Suisse (1906-1985)

11 Noyaux gris centraux situés au niveau du diencéphale et qui interviennent dans le tonus musculaire et le mouvement.

12 Bell, C. (1833). *The hand: Its mechanism and vital endowments as evincing design*. W. Pickering. Cité part Wilson (1999)

13 Il faut se rappeler que la France a aboli au Vietnam les sinogrammes et que les États-Unis ont jonglé avec la même idée au Japon vaincu.

14 Le point d'exclamation est de lui.

15 Le concept de *ludens* a été introduit par l'historien néerlandais Johan Huizinga, sa thèse étant que le jeu est devenu consubstantiel à la culture. Huisinga, J. (1938.) *Homo ludens: essai sur la fonction sociale du jeu*. Flammarion

16 Ce roman a reçu le Prix du roman d'entreprise et du travail en 2014. L'auteur, dont c'était le premier roman, a étudié en sciences politiques.

RÉFÉRENCES

Albers, A. (2021). *Du tissage : les passages du réel*. Presses du réel. (Édition originale : 1965)

Alechinsky, P. (2004). *Dotremont : j'écris pour voir*. Buchet-Chastel.

Anati, E. (2003) *Aux origines de l'art : 50 000 ans d'art préhistorique et tribal*. Fayard.

Arendt, H. (2015/1958) *Condition de l'homme moderne* tr. Georges Fradier Calmann-Levy (The human condition) (préface de Paul Ricoeur)

Aristote. (1885). *Traités des parties des animaux et de la marche des animaux d'Aristote* (t. 2) [Trad. de J. Barthelemy-Saint Hilaire]. Librairie Hachette et cie. https://remacle.org/bloodwolf/philosophes/Aristote/partie-slivre4.htm#:~:text=Trait%C3%A9%20de%20la%20Marche%20des%20animaux.%20Voir%20ce

Ascher, M. (1998). *Mathématiques d'ailleurs : nombres, formes et jeux dans les sociétés traditionnelles*. Seuil.

Barbisan, L. (2020). *Le corps en exil. Walter Benjamin, penser le corps*. Éd. de la Maison des sciences de l'homme.

Barthes, R. (1995/2007). *L'empire des signes*. Seuil.

Bourassa, M. (2006). *Le cerveau nomade*. Presses de l'Université d'Ottawa.

Collonges, J. et Kudryashov, D. (dir.). (2000). *Pouchkine illustré* : *catalogue*. Somogy.

Coppey, T. (2013). *Potentiel du sinistre*. Actes Sud.

Corbin, A. (dir.). (2006). *Histoire du corps : 1. De la renaissance aux lumières; 2 De la révolution à la Grande Guerre; 3. Les mutations du regard : le xxe siècle*. Seuil.

Corbin, A. (2016). *Une histoire des sens*. Seuil.

Courtine, J.-J. et Vigarello, G. (2006). Identifier : traces, indices, soupçons. Dans J.-J. Courtine (dir.), *Histoire du corps (t. 3) – Les mutations du regard : le xxe siècle* (p. 263-277). Seuil.

Crawford, M. B. (2016). *Éloge du carburateur : essai sur le sens et la valeur du travail.* La Découverte. (Édition originale : 2009)

Crépieux-Jasmin, J. (1985). *L'écriture et le caractère* (18e éd.). PUF. (Édition originale : 1889)

Dantzig, C. (2017). *Traité des gestes*. Grasset

Delon, M. (2016). L'éveil de l'âme sensible. Dans A. Corbin (dir.), *Histoire des émotions : des Lumières à la fin du xixe siècle* (p. 15-56). Flammarion.

de Rougemont, D. (1936). *Penser avec les mains*. Albin Michel.

Dhillon, M. S. (2019). Pre-History of DNA "fingerprinting" in India. *Research Journal of Humanities and Social Sciences*, *10*(3), 882-886. https://doi.org/10.5958/2321-5828.2019.00145.1

Dong, R. R., Fu, D., Zhou, X. et Wang, B. (2019). Writing instruction in China: Challenges and efforts. *International Journal of Information and Education Technology*, *9*(10), 715-723. http://dx.doi.org/10.18178/ijiet.2019.9.10.1292

Dortier, J.-F. (dir.). (2014). *Le cerveau et la pensée : le nouvel âge des sciences cognitives*. Éditions Sciences Humaines.

Dorval, P. (1968). *La main parle : la chiromancie vous révèle personnalité, caractère et destin*. Presses Sélect.

Elbert, T., Pantev, C., Wienbuch, C., Rockstroh, E. et Taub, E. (1995). Increased cortical representation of the fingers of the left hand in string players. *Science*, *270*(5234), 305-307. https://doi.org/10.1126/science.270.5234.305

Ferrarotti, F. (2005) . La parole : mémoire et récit. *Sociétés*, *87*(1), 81-90. https://doi.org/10.3917/soc.087.0081

Fortin, D. (2022). *Le cerveau : une galaxie dans votre tête*. PUQ.

France 2. (2023, 23 mai). Suède : après avoir délaissé les manuels scolaires au profit du numérique, le pays fait machine arrière. *France Info*. https://www.francetvinfo.fr/societe/education/numerique-a-l-ecole/suede-apres-avoir-delaisse-les-manuels-scolaires-au-profit-du-numerique-le-pays-fait-machine-arriere_5842562.html#:~:text=D%C3%A9laiss%C3%A9s%20depuis%2015%20ans%20au%20profit%20des

Frère Jean. (2020). *Art sacré : Skite Sainte Foy*. Éditions Art Sacré.

Gaillard, A. (2014) . Approches croisées des disciplines (art, science, littérature, philosophie) : la question du toucher des Lumières. *Dix-huitième siècle*, *46*(1), 309-322. https://doi.org/10.3917/dhs.046.0309

Halleux, R. (2009). *Le savoir de la main : savants et artisans dans l'Europe pré-industrielle*. Armand Collin.

Han, B-C. (2015). *Dans la nuée : réflexions sur le numérique*. Actes Sud.

Harari Y. N. (2018). *21 leçons pour le xxie siècle*. Albin Michel.

Heidegger, M. (1973). *Qu'appelle-t-on penser?* PUF.

Henshilwood, C., d'Enrico, F., Van Niekerk, K., Dayet, L. et Queffelec, A. (2018). An abstract drawing from the 73,000-year-old levels at Blombos Cave, South Africa. *Nature*, *562*, 115-118. https://doi.org/10.1038/s41586-018-0514-3

Housset, E. (2008). *La main libre*. Université de Caen Normandie. https://normandie-univ.hal.science/cel-02138501/document

Jeannerod, M. (1997). *The cognitive science in action*. Blackwell Publishing.

Jousse, M. (2008). *L'anthropologie du geste : 1. L'Anthropologie du geste* (1974); *2. La Manducation de la parole* (1975); *3. Le parlant, la parole et le souffle* (1978). Gallimard.

Kandinsky, V. (1989). *Du spirituel dans l'art et dans la peinture en particulier*. Gallimard.

Kotler, S. (2010, 6 mai). Hollywood science: Reading your mind to make horror movies even scarier. *Popular Science*. https://www.popsci.com/science/article/2010-05/hollywood-science-how-your-brain-reacts-horror-movies

Lanteigne, B. (2023). *La matérialité du virtuel* [Monographie]. Centre des arts d'Enghien-les-Bains.

Leroi-Gourhan, A. (1964/2022). *Le geste et la parole : technique et langage*. Espaces libres.

Lieury, A. (2013). *Le livre de la mémoire*. Dunod.

Lyu, B., Lai, C., Lin, C.-H. et Gong, Y. (2021). Comparison studies of typing and handwriting in Chinese language learning: A synthetic review. *International Journal of Educational Research*, *106*, 101740. https://doi.org/10.1016/j.ijer.2021.101740

Mâche, F.-B. (2015). *Musique, rythme et nature*. Éditions Aedam Musicae.

Mandel Khan, G. (2011). *L'écriture arabe : alphabet, variantes et adaptations calligraphiques*. Flammarion.

Marrou, H.-I. (1978). L'évangile de vérité et la diffusion du comput digital dans l'Antiquité. *Publication de l'École française de Rome*, *35*, 331-336. https://www.persee.fr/doc/efr_0000-0000_1978_ant_35_1_1154#:~:text=L'%C3%A9vangile%20de%20v%C3%A9rit%C3%A9%20et%20la%20diffusion%20du

Marzke, M. W. (1992). Evolutionary development of the human thumb. *Hand Clinical*, *8*(1), 1-8. https://doi.org/10.1016/S0749-0712(21)00687-9

Massoudy, H. (2010). *Calligraphie arabe vivante*. Flammarion. (Édition originale : 1981)

Massoudy, H. et Massoudy, I. (2002). *L'ABCdaire de la calligraphie arabe*. Flammarion.

Mediavilla, C. (2004). *L'ABCdaire de la calligraphie chinoise*. Flammarion.

Meeks, D. (2018). *Les Égyptiens et leurs mythes : appréhender le polythéisme*. Hazan.

Mercure, D. et Spurk, J. (dir.). (2003). *Le travail dans l'histoire de la pensée occidentale*. PUL.

Merle, M. (2018). La main : fonction – symbole. *Hegel*, *1*(1), 97-106. https://doi.org/10.4267/2042/65127

Messiaen, O. (1994). *Traité de rythme, de couleur et d'ornithologie (1949-1992)* (t. 1). Éditions Alphonse Leduc.

Munari, B. (1963). *Sipplemento al dizionario italiano*. Corraini Editore.

Naka, M. et Naoi, H. (1995). The effect of repeated writing on memory. *Memory & Cognition*, *23*(2), 201-212. https://doi.org/10.3758/bf03197222

Napier, J. R. (1970). *The roots of mankind*. Smithsonian Institution Press.

Noudelmann, F. (2008). *Le toucher des philosophes : Sartre, Nietzsche et Barthes au piano*. Gallimard.

Ōmori, T. (2020). *Dans un jardin qu'on dirait éternel* [Film]. Yoake Pictures.

Otaduy, M. A. et Lin, M. C. (2005, juillet-août). Introduction to haptic rendering. Dans J. Fujji (dir.), *Actes de la Conférence SIGGRAPH*, Los Angeles (CA). https://doi.org/10.1145/1198555.1198603

Pasquinelli, B. (2006). *Le geste et l'expression*. Hazan.

Peck, J. et Wiggins Johnson J. (2011). Autotelic need for touch, haptics, and persuasion: The role of involvement. *Psychology and Marketing*, *28*(3), 222-239. https://doi.org/10.1002/mar.20389

Ranger, F., Vezeau, S. et Lortie, M. (2019). Tools and methods used by industrial designers for product dimensioning. *International Journal of Industrial Ergonomics*, *74*, 102844. https://doi.org/10.1016/j.ergon.2019.102844

Renn, J. (2022). *L'évolution de la connaissance : repenser la science pour l'Anthropocène*. Les Belles Lettres.

Rochon, M. (2018). *Le cerveau et la musique*. Éditions MultiMondes.

Rolland, J.-C. (2021). *Le verbe devant l'inconscient : nouvelles données métapsychologiques*. Ithaque.

Saint-Martin, F. (2007). *Le sens du langage visuel : essai de sémantique visuelle psychanalytique*. PUQ.

Saraskina, L. (2008). *Fiodor Dostoïevski : une victoire sur les démons*. L'Âge d'homme.

Sturgeon, T. (1941). *The golden egg* [Livre numérique]. https://www.prosperosisle.org/spip.php?article876

Suzman, J. (2020/2023) *Travailler-La grande affaire de l'humanité*. Tr. M.A. de Béru. Flammarion.

Tallis, R. (2003). *The hand: A philosophical inquiry into human being*. Edinburgh University Press.

Tournier, M. (2002). Gesticulation, retour aux sources de la comédie? Dans M. Tournier, *Des mots en politiques : propos d'étymologie sociale* (t. 2, p. 151-152). ENS Éditions. http://books.openedition.org/enseditions/1720

Velay, J.-L., Longcamp, M., Zerbato-Poudou, M.-T. (2004) De la plume au clavier: Est-il toujours utile d'enseigner l'écriture manuscrite?, Dans Gentaz, É. et Dessus, P. (dir.) *Comprendre les apprentissages: Sciences cognitives et apprentissage,* Dunod, (p.69-82). https://www.ledevoir.com/documents/pdf/ecriture_manuscrite.pdf

Wayman, A. (1983). The human body as microcosm in India, Greek, cosmology, and sixteenth-century Europe. *History of Religion*, *22*(2), 171-190. https://doi.org/10.1086/462918

Wilson, F. R. (1999). *The hand: How its use shape the brain, language, and human culture*. Vintage.

Zhou, W., Kwok, V. P. Y., Su, M., Luo, J. et Tan, L. H. (2020). Children's neurodevelopment of reading is affected by China's language input system in the information era. *npj Science of Learning, 5*, 3. https://doi.org/10.1038/s41539-020-0062-0