

Sophie LeBlanc

Dynamisme corporel et créativité : redécouvrir le rôle actif du corps dans l'acte créatif à l'ère numérique

Essai de maîtrise en design d'interaction (MDI)
Pour l'obtention du grade de maître ès arts (M. A.)
Sous la direction d'Éric Kavanagh, professeur titulaire

École de design, Université Laval

Le 26 août 2024

Résumé

Les avancées technologiques ont transformé l'expérience humaine, modifiant la perception du monde et les interactions avec celui-ci. La transition vers le numérique a entraîné une dématérialisation des objets (VINK 2016), ce qui a appauvri les interactions physiques et complexifié la transposition des aspects perceptifs essentiels dans un environnement numérique (DONATH 2020). De ce fait, l'ordinateur est devenu un outil central, induisant un comportement sédentaire qui contredit la nature biologique humaine. Ainsi, les objets physiques modélisés numériquement perdent certaines propriétés essentielles, limitant une perception complète de ces objets et réduisant l'authenticité des expériences sensorielles. Cet essai propose une nouvelle réflexion sur la réintégration de l'expérience sensorielle dans le processus créatif, afin d'explorer des approches pour bonifier le potentiel créatif en atténuant les effets de la dématérialisation et par extension, le comportement sédentaire.

Cet essai débute par l'analyse de la participation active du corps à la cognition et s'appuie sur la théorie de la cognition incarnée, laquelle intègre les dimensions biologiques et cinétiques du corps dans la formation de la perception du monde. Cette réflexion initiale conduira à une exploration des transformations cognitives provoquées par l'avènement des ordinateurs, et des pertes sensorielles qui en découlent. Le propos s'étendra ensuite à l'importance du dynamisme corporel dans le processus créatif, en examinant les effets négatifs d'un manque de dynamisme prolongé sur la capacité d'innovation. Enfin, des orientations conceptuelles seront proposées pour réintégrer l'expérience sensorielle dans le processus créatif.

Table des matières

Résumé	1
Remerciements	4
Introduction	5
1 Problématique et objectifs	6
2 Corps et cognition : perspectives incarnées	9
2.1 Cognition incarnée	10
2.1.1 Paradigme incarné	11
2.1.2 Transcender la tradition	13
2.1.3 Réflexion incarnée : origine	14
2.1.4 Corps-environnement	15
2.2 Biologie et cinétique	16
2.2.1 Sensorimotricité	17
2.2.2 Proprioception	17
2.2.3 Composition corporelle	18
2.2.4 Conceptualisation	19
2.2.5 Action	20
2.3 Cognition assistée	23
2.3.1 Cognition étendue	23
2.3.2 Cycle dynamique	24
2.3.3 Objets : Influence perceptuelle	25
3 Dématérialisation : impact des perturbations sensorielles	27
3.1 Ère numérique	27
3.1.1 Environnement numérique	28
3.1.2 Dématérialisation	29
3.1.3 Omniprésence informatique	29
3.1.4 <i>Cogito, ergo sum</i> : le soi à l'ère numérique	30
3.2 Impacts cognitifs-perceptifs	31
3.2.1 Interaction incarnée	32
3.2.2 Dualité information-sensorialité	33
3.2.3 Perturbations sensorielles	34
3.2.4 Limitations technologiques	37

4 Dynamisme corporel : source de créativité	39
4.1 Créativité incarnée	39
4.2 Processus créatif	40
4.3 Métaphore conceptuelle	41
4.4 Statisme	42
5 Contribution : technologies adaptées	44
5.1 Retour théorique	44
5.2 Appuie technologique	48
5.2.1 Convergence des environnements	48
5.2.2 Portail créatif	48
5.2.3 Atelier créatif augmenté	49
6 Conclusion	56
Bibliographie	57

Remerciements

Je souhaite exprimer mes remerciements les plus sincères à mon directeur d'essai, Éric Kavanagh, pour ses conseils avisés, son accompagnement attentif et l'expertise qu'il a partagés avec tant de générosité tout au long de ce projet. Sa capacité à offrir une guidance empreinte de bienveillance a été d'une valeur inestimable.

Je tiens également à exprimer ma profonde gratitude envers mon frère, Eric Leblanc, dont le soutien constant a été un pilier tout au long de mes études supérieures. Son aide minutieuse dans la relecture de mes travaux, sa présence inébranlable, ainsi que le temps précieux qu'il m'a accordé ont été inestimables. Nos discussions enrichissantes ont grandement contribué à façonner la personne que je suis aujourd'hui.

Je désire remercier tout particulièrement mon partenaire, Sébastien, dont le soutien et les encouragements constants m'ont soutenu tout au long de ce parcours. Son amour, sa compréhension et sa présence à mes côtés ont été des moteurs essentiels dans l'accomplissement de ce projet.

À ma famille et à mes amis, malgré la distance, votre soutien a été précieux et m'a accompagné tout au long de ce parcours.

Je tiens également à faire une mention spéciale à mon chat, Space Cat, qui, par sa présence apaisante, a été une source constante de réconfort durant cette année particulière.

1 Problématique et objectifs

Les êtres humains ont systématiquement développé des outils destinés à compenser des limitations physiques et techniques, facilitant ainsi l'exécution d'actions autrement ardues, voire irréalisables (KIRSH 2013). Ce processus est intrinsèquement motivé par le besoin d'adaptation à un environnement en perpétuelle évolution. Ces innovations technologiques sont considérées comme des prolongements de l'individu lorsqu'elles s'intègrent au schéma corporel. Cette intégration atteint son point culminant de maîtrise lorsque l'usage de l'outil devient si fluide que l'utilisateur se focalise uniquement sur l'objectif à atteindre, allant jusqu'à en oublier la présence de l'outil lui-même (BABER 2022, ALZAYAT 2018). Ainsi, par le biais de ces outils, les êtres humains développent des compétences et des spécialisations continues (ENGELBART et ENGLISH 1968). En retour, ces artefacts engendrent des comportements qui stimulent la conception de nouveaux outils, nourrissant un cycle évolutif qui augmente significativement les capacités cognitives (KIRSH 2013).

La théorie de la cognition incarnée souligne le rôle fondamental du corps dans la perception et l'interaction avec le monde, permettant l'intégration des outils au schéma corporel (WILSON et GOLONKA 2013, SHAPIRO et SPAULDING 2021). Chaque interaction avec l'environnement implique un échange d'informations sensorielles qui affecte à la fois la perception de l'individu et détermine les conditions ou les ressources nécessaires pour accomplir certaines tâches spécifiques (KIRSH 2013). Cependant, la cognition incarnée ne se limite pas à l'expérience individuelle ; elle englobe également d'autres individus, objets, et technologies, tout en tenant compte du contexte culturel et de ses normes sociales associées (DOURISH 2004). L'être humain est continuellement immergé dans un flux d'interactions avec son environnement physique, social et numérique (DONG et coll. 2024), ce qui suggère que l'incarnation est un état de participation active à des actions inscrites dans un contexte spatio-temporel, enraciné dans un monde déjà rempli de significations (DOURISH 2001). Chaque interaction constitue une transaction d'informations sensorielles où chaque élément porte une signification particulière, offrant à l'observateur une multitude de données sur le contexte environnant, lui permettant ainsi de réajuster constamment ses actions (KIRSH 2013). Par exemple, saisir une pomme procure instantanément des informations sur son poids, sa température et sa texture. Ces données sensorielles permettent d'évaluer la fraîcheur et la qualité de la pomme, tout en influençant des décisions spécifiques, telles que la consommer ou la reposer. Cette perception sensorielle guide ainsi les choix et les comportements de l'individu (KIRSH 2013).

L'émergence de l'informatique a inauguré de nouvelles perspectives en intégrant des technologies dans une diversité d'objets (MAHER et LEE 2017), étendant ainsi les capacités humaines au sein d'un environnement numérique. La miniaturisation rapide de ces technologies a rendu l'ordinateur indispensable dans de nombreux domaines professionnels, notamment dans le domaine du design, imposant une transition vers des outils numériques pour accomplir des tâches autrefois réalisées manuellement. Cependant,

la transition de l'environnement physique vers le numérique a entraîné une réduction des expériences sensorielles, en raison de la dématérialisation des objets (VINK 2016).

Cette dématérialisation a rendu difficile la transposition de nombreux aspects perceptifs, essentiels aux interactions entre l'être humain et son environnement, dans le monde virtuel où la machine joue désormais un rôle prépondérant. Par conséquent, la richesse informationnelle des interactions physiques est notablement réduite dans les environnements numériques (DONATH 2020). Les objets physiques, lorsqu'ils sont modélisés numériquement, perdent certaines propriétés essentielles, ce qui limite la capacité à obtenir une perception exhaustive de ces objets.

Les designers, dont le métier s'exerce principalement dans un cadre de travail de bureau, sont contraints par la dématérialisation à passer de longues heures devant l'ordinateur, adoptant ainsi une posture statique (BAILEY 2021) qui réduit les interactions avec l'environnement physique. Cette diminution des expériences sensorielles impacte directement la richesse sensorielle qui pourrait être exploitée dans le processus créatif. Ce phénomène est particulièrement préjudiciable dans la discipline du design, où une approche créative est nécessaire pour résoudre des problématiques complexes :

[...] bodily experiences of sensations and movements could promote or impede creative thinking. [...] In the conceptual metaphor theory, metaphors have been recognized as the bridge that connects the creative thinking and body. People often use familiar bodily experiences to construct abstract creative thinking through metaphor. [...] In cognitive development theory, the schema stores a large amount of thinking, as which actions were internalized. Internalization of bodily experiences of sensations and movements could affect creative thinking. (ZHANG et DU 2024 : 1129)

Pour atténuer les effets de la dématérialisation et de la sédentarité qui en découlent, il est pertinent d'examiner la réintégration de l'expérience corporelle dans le processus créatif des designers. Comme l'indiquent Zhang et Du (2014), les expériences corporelles de sensations et de mouvements peuvent soit favoriser ou freiner la pensée créative. Les méthodes traditionnelles en design, qui reposent sur l'utilisation de matériel tangible et exigent de travailler debout, encouragent un dynamisme corps-environnement, ce qui peut stimuler la créativité. Cependant, ces méthodes sont souvent remplacées par des outils numériques de conception collaborative en ligne, tels que Miro.

Face à cette évolution, il apparaît essentiel de réévaluer la contribution centrale du corps dans la cognition et d'analyser l'impact de la dématérialisation et de la statique corporelle sur les interactions qui façonnent la perception humaine du monde. Cette prise de conscience invite à repenser les technologies actuelles. L'adaptation des outils numériques pourrait en effet optimiser les interactions des designers en les harmonisant avec les mouvements du corps, avec pour objectif de réduire l'écart entre l'environnement physique et numérique. L'intégration de la réalité augmentée et le dépassement des contraintes imposées par l'écran d'ordinateur permettraient aux designers de réduire la sensation de limitation physique dans leur espace de travail tout en accédant à des ressources créatives

inaccessibles en position statique. Cette transformation favoriserait ainsi un processus créatif profondément enraciné dans la sensorialité et l'engagement corporel (TURNER 2016), contribuant à atténuer le sentiment de limitation physique et à établir une connexion intégrale avec leur environnement de travail.

Ainsi, cet essai a pour objectif principal de proposer une réflexion renouvelée sur la réintégration de l'expérience sensorielle dans le processus créatif, en explorant des approches visant à renforcer le potentiel créatif tout en atténuant les effets de la dématérialisation et de la sédentarité, en accord avec les évolutions technologiques actuelles. Pour atteindre cet objectif principal, l'essai se fixe plusieurs objectifs secondaires, répartis en trois parties : tout d'abord, il s'agit de comprendre le rôle du corps dans la cognition, en s'appuyant sur les concepts issus de la théorie de la cognition incarnée. Ensuite, l'analyse porte sur les altérations cognitives et l'appauvrissement de la sensorialité engendrée par la dématérialisation, à travers l'usage des technologies numériques. Enfin, il s'efforce d'examiner l'influence de la limitation du mouvement, en particulier la position statique prolongée liée à l'utilisation de l'ordinateur sur les fonctions cognitives associées à la création et, par conséquent, sur le potentiel créatif, tout en soulignant l'importance du corps dans l'acte créatif.

Les sciences cognitives, qui regorgent de théories variées, proposent chacune une perspective unique sur les mécanismes cognitifs et les interactions entre l'humain et son environnement. Compte tenu de la densité théorique de ces approches, cet essai se limite à l'exploration de certains aspects spécifiques, essentiels pour souligner l'importance du corps dans le processus créatif, sans toutefois prétendre à une couverture exhaustive de tous les termes abordés. De surcroît, cet essai n'englobe pas l'ensemble des diversités d'expériences individuelles, notamment celles modelées par des conditions physiques spécifiques, telles que les limitations motrices ou les altérations sensorielles. Bien que ces aspects ne soient pas approfondis dans le cadre de cette analyse, ils représentent néanmoins des axes de réflexion significatifs qui permettraient d'enrichir la compréhension du rôle du corps dans le processus cognitif.

2 Corps et cognition : perspectives incarnées

Pour saisir pleinement les effets du dynamisme corporel sur le processus créatif, il est essentiel de comprendre comment la cognition se forme et se développe. En effet, la créativité découle directement des processus cognitifs ; sans eux, l'être humain ne peut ni raisonner, ni percevoir, ni imaginer, ni se souvenir (BAYNE et coll. 2019). Ce chapitre explore l'influence du corps sur la formation de la cognition, plutôt que sur la créativité elle-même, afin de mieux comprendre comment celle-ci peut être déclenchée et optimisée.

Il est toutefois nécessaire d'introduire brièvement la notion de créativité afin de préciser ce à quoi renvoie ce concept et d'expliquer son importance dans le domaine du design. Cette introduction permettra de mieux contextualiser l'étude sur l'impact du corps dans la formation de la cognition. L'acte de création réfère à la capacité d'utiliser des informations recueillies afin de générer de nouvelles idées (CHERRY 2022). La créativité se manifeste dans divers aspects de la vie et peut être classifiée en deux catégories : la créativité quotidienne, qui fait référence à la pratique naturelle dans les activités de tous les jours, et la créativité artistique, qui se manifeste dans une expression développée au sein d'une discipline artistique (IVCEVIC 2011). La créativité constitue ainsi un processus cognitif menant à la production d'idées, de réponses ou de créations caractérisées par leur originalité et leur utilité pratique (SIBO et coll. 2024).

La créativité constitue une compétence développée par tous les designers au cours de leur carrière, bien que ce développement s'opère à des niveaux variés. En conséquence, le domaine du design découle principalement de l'acte créatif, visant à proposer des solutions innovantes en réponse à des problématiques complexes. Richard Buchanan affirme qu'un design efficace se situe à l'intersection de la contrainte, de la gestion des incertitudes et de l'exploration des possibilités (LIEDTKA et OGILVIE 2011). Ainsi, les designers doivent maîtriser trois compétences intellectuelles pour atteindre cet objectif :

[..] (a) the synthetic skill to see problems in new ways and to escape the bounds of conventional thinking, (b) the analytic skill to recognize which of one's ideas are worth pursuing and which are not, and (c) the practical – contextual skill to know how to persuade others of — to sell other people on — the value of one's ideas. The confluence of these three skills is also important. (STERNBERG 2006 : 88)

En d'autres termes, les designers s'appuient principalement sur trois compétences issues d'un processus cognitif. Premièrement, ils manipulent les informations pour les percevoir sous une nouvelle perspective, ce qui les amène à voir les problèmes avec innovation et à échapper aux cadres de pensée conventionnels, distinguant ainsi leur pratique de la créativité quotidienne. Deuxièmement, les designers développent une capacité analytique permettant de filtrer les idées. Cette réflexion analytique consiste à évaluer et à distinguer les idées pertinentes et prometteuses de celles qui ne correspondent pas à la problématique, afin de concentrer les efforts sur les concepts offrant le meilleur potentiel pour devenir des solutions efficaces et novatrices. Troisièmement, les designers s'appuient

sur une compétence pratique et contextuelle, valorisant leurs idées grâce à un argumentaire solide. Ainsi, l'acte de création repose sur des processus cognitifs permettant de faire émerger des idées novatrices et de déterminer leur pertinence pour un développement futur, tout en s'appuyant sur la capacité à convaincre le public cible de leur valeur (STERNBERG 2006).

L'influence du corps sur les processus cognitifs, et par extension sur la créativité, est abordée ici à travers la théorie de la cognition incarnée, qui soutient que la cognition ne se limite pas seulement aux processus cérébraux (KIRSH 2013). Pour assurer une meilleure clarté, il convient de préciser que, dans ce texte, le mot « cognition » fait exclusivement référence à la théorie de la cognition incarnée. Toutefois, quelques passages explorent brièvement l'approche computationnelle en sciences cognitives. Dans ces instances spécifiques, la théorie cognitive abordée est systématiquement identifiée, afin d'éviter toute confusion entre les deux perspectives.

2.1 Cognition incarnée

La cognition incarnée (*Embodied Cognition*) est un domaine de recherche émergent qui fusionne divers champs disciplinaires. Ce domaine intègre des éléments provenant de la psychologie, des neurosciences, de la philosophie, de la linguistique, ainsi que de la robotique et de l'intelligence artificielle (SHAPIRO et SPAULDING 2021). La cognition incarnée met en lumière le rôle central du corps, le considérant comme acteur essentiel dans les processus cognitifs permettant à l'humain de comprendre son monde (WILSON et GOLONKA 2013). Cette théorie, développée en réaction aux modèles théoriques antérieurs, souligne l'importance de reconnaître le corps à la fois comme récepteur d'informations et comme une composante fondamentale de la cognition (TURNER 2016). Dans cette perspective, le cerveau n'est donc pas considéré comme le siège exclusif de la cognition (SHAPIRO et SPAULDING 2021).

Malgré les divergences dans les définitions de la théorie de la cognition incarnée (BENOÎT 2008), certains éléments récurrents émergent pour caractériser cette approche. Parmi les points communs partagés par différents auteurs, la théorie de la cognition incarnée peut être définie ainsi : la cognition n'est pas strictement confinée au cerveau (KIRSH 2013), mais s'étend à travers le corps, influençant divers processus cognitifs (DOVE 2015). Elle mobilise les capacités corporelles pour interagir avec l'environnement et capter les informations présentes, souvent sans nécessiter de traitement d'information complexe. Ainsi, la cognition se manifeste dans une boucle d'interactions entre le corps et l'environnement, ces interactions étant inscrites dans des contextes individuels spécifiques (SHAPIRO 2019).

En d'autres termes, la cognition émerge en partie de l'interaction entre le corps de l'organisme et son environnement. Les actions de l'organisme établissent des points de

contact avec les éléments extérieurs ; sans ces actions, aucune interaction n'est possible. La structure corporelle influence le répertoire d'actions disponibles, facilitant ainsi le traitement des informations pertinentes au fonctionnement de l'organisme. Par ailleurs, la structure corporelle s'inscrit dans un contexte spécifique, et les types d'actions que l'organisme entreprend sont façonnés par un cadre contextuel plus vaste. Ainsi, la cognition incarnée suggère que les processus cognitifs ne se limitent pas uniquement au cerveau :

[...] modifying an expression coined by Brooks (1991), perhaps “the [body] is its own best model”. The amount of information received from the body is quantitatively superior to that received from any environmental object: not only can we see and touch it, we also receive a continuous flow of proprioceptive and interoceptive inputs. As Merleau-Ponty (1945/1962) notes, the body presents a highly special feature compared to any other object in the world [...] perhaps certain types of representation are so closely dependent upon the non-neural body (i.e. the body besides the brain), that their involvement in a cognitive task implicates the non-neural body itself. (ALSMITH et DE VIGNEMONT 2012 : 2)

Comme le souligne Merleau-Ponty, certains processus cognitifs sont étroitement liés au corps. Ce traitement de l'information s'effectue en interaction constante avec les sensations et les mouvements corporels, sans se limiter aux seules activités neuronales du cerveau.

Pour mieux saisir la participation du corps aux processus cognitifs, il est pertinent d'examiner la réception d'une balle de baseball. Les yeux suivent sa trajectoire tandis que la proprioception évalue la distance de la balle en fonction du corps. Les bras s'ajustent automatiquement pour se positionner. Cet échange entre le corps et l'environnement coordonne les mouvements, ajuste la posture et synchronise les actions, optimisant ainsi la réponse requise pour attraper la balle efficacement.

2.1.1 Paradigme incarné

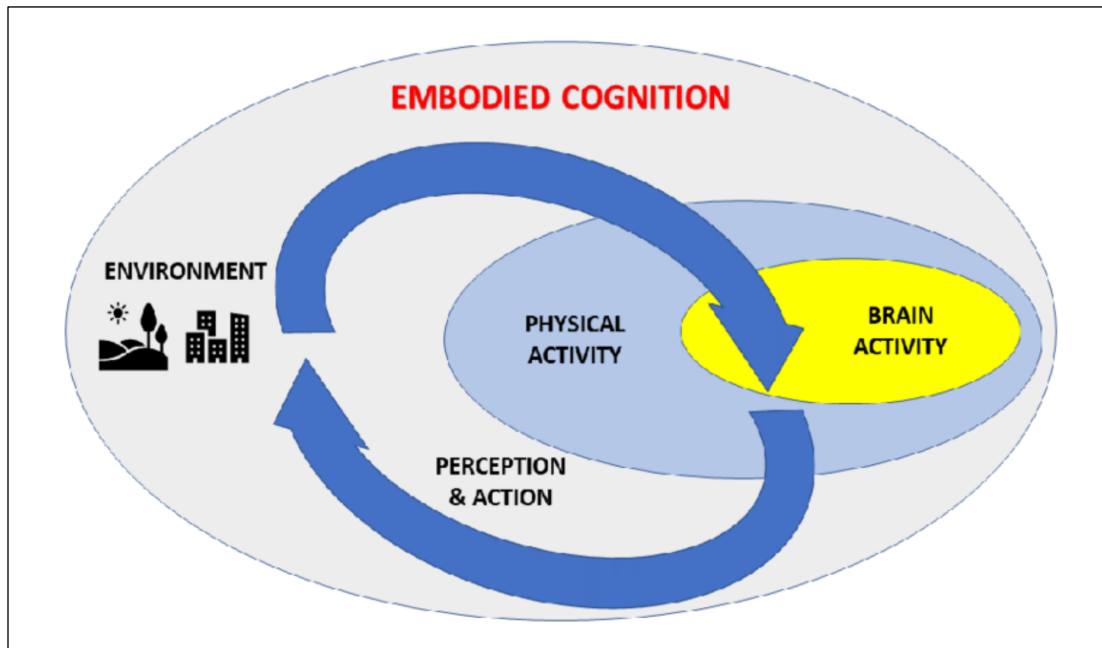
L'émergence du paradigme incarné (*embodiment*) souligne que le corps ne se limite pas à être une entité passive dans le processus de la pensée. Il se manifeste plutôt comme un acteur incarné, actif, facilitant une circulation continue d'informations avec l'environnement. Ce dialogue permanent entre le corps et son environnement crée un ensemble cohérent qui oriente les actions tout en façonnant la vision du monde d'un organisme (SHAPIRO 2019, OLLAGNIER-BELDAME 2019). Ce processus permet à l'intelligence humaine de se développer à partir d'une expérience sensorimotrice. En d'autres termes, les expériences vécues par les sens et les actions physiques structurent la cognition et la perception du monde (SMITH 2005).

Les sciences cognitives incarnées se manifestent sous diverses formes, qu'il convient d'identifier, car elles fournissent un cadre essentiel pour comprendre l'étendue de la contribution du corps au processus cognitif, ainsi que la façon dont le corps agit en tant qu'entité située dans son environnement (OLLAGNIER-BELDAME 2019). Cette perspective

relève du « paradigme des 4 E » (*4 E Cognition*), soit la théorie de la cognition incarnée, qui se concentre sur la contribution du corps dans son ensemble et situé dans son environnement participant à la cognition. Cette théorie est catégorisée à travers plusieurs sous-thématiques (MANZOTTI 2019, OLLAGNIER-BELDAME 2019) :

Le terme *embodied* est en fait le terme le plus général, qui englobe les trois autres. En effet, il s'agit de l'idée de la prise en compte de la manière dont le corps contribue aux processus cognitifs, corps toujours situé dans un environnement physique, social et culturel (*embedded*), corps nous permettant de percevoir notre environnement en fonction de ce que l'on peut y faire, selon ses « affordances » (*enactive*), et enfin corps mobilisant des objets et des instruments de l'environnement, qui participent également à la cognition (*extended*). (OLLAGNIER-BELDAME 2019 : 4)

Figure 1 – Schéma conceptuel de la cognition incarnée



Emprunté de KANELLOPOULOS et coll. 2020 : 87

Autrement dit, la cognition incarnée constitue un thème global qui englobe différents types de cognitions incarnées. La cognition située (*embedded*) fait référence à l'interaction du corps avec un environnement riche en contextes superposés, influençant ainsi ses actions. L'énaction (*enactive*) suggère que les informations de l'environnement deviennent accessibles grâce aux interactions corporelles, permettant ainsi une compréhension du monde basée sur ces interactions. Enfin, la cognition étendue (*extended*) propose que la cognition ne se limite pas uniquement au cerveau ou au corps, mais qu'elle puisse s'étendre aux objets et outils avec lesquels le corps interagit, ces éléments étant intégrés dans le processus cognitif, qui se transforme au fil de leur utilisation.

2.1.2 Transcender la tradition

La fondation théorique de la cognition incarnée, dans son approche radicale, entre en opposition au dualisme cartésien de Descartes. Ce dernier établit une séparation stricte entre l'esprit et le corps, considérant la pensée comme un processus exclusivement mental localisé à l'intérieur du cerveau (MOINI et coll. 2023). La pensée dualiste trouve un écho dans l'allégorie de la caverne de Platon. À travers cette allégorie, Platon expose sa théorie des idées, divisant la réalité en deux aspects distincts : le monde perceptible par les sens et le monde des idées, ce dernier étant compréhensible uniquement par la raison (LA-PHILO 2012). Cette perspective met en lumière une séparation entre le monde tangible et le monde intelligible, soit une distinction entre esprit et corps-environnement (JOHNSON et TUCKER 2021). Selon la perspective dualiste, le corps est considéré comme inférieur à la conscience et simplement comme une externalisation des pensées. En d'autres termes, le corps est traditionnellement perçu comme un vecteur pour les pensées et un outil sensoriel (KIRSH 2013).

L'héritage du dualisme a été prolongé dans les recherches en sciences cognitives, notamment à travers la théorie computationnelle (*Theory of computation*), qui a émergé avec la généralisation de l'usage des ordinateurs dans les années 1970. L'usage des ordinateurs a catalysé le développement de cette hypothèse, laquelle est devenue dominante dans le domaine des sciences cognitives (CHAMERO 2013). La théorie computationnelle propose que les informations recueillies soient traitées selon un schéma d'entrée et de sortie. Entre ces deux pôles, le cerveau manipule les données à l'aide de représentations symboliques non perceptibles, une manipulation que les théoriciens computationnels identifient comme la cognition. Cette approche repose donc sur des représentations mentales issues de la théorie représentationnelle, avec un traitement des données selon des règles similaires à celles des algorithmes informatiques (SHAPIRO 2019). Selon cette perspective, la cognition implique un traitement informationnel mobilisant les ressources neuronales du cerveau, sans nier le rôle du corps, mais l'abordant sous une approche symbolique et analytique (PYLYSHYN 1980).

Les critiques de la perspective dualiste, renforcées ces dernières années par les partisans de l'approche modérée et de l'approche radicale, telle que celles de Maxine Sheets-Johnstone, philosophe dont les travaux établissent un lien entre le corps et son interaction avec l'environnement (IAS DURHAM s. d.), remettent en question la perpétuation de cette séparation cartésienne dans les sciences cognitives contemporaines. Ses critiques soulignent que les approches actuelles tendent à décrire le corps principalement comme un support matériel pour le cerveau, négligeant de reconnaître son rôle actif, essentiel et incarné dans le processus cognitif (TURNER 2016).

Il convient de mentionner que la cognition incarnée offre une flexibilité unique pour aborder diverses questions interdisciplinaires, favorisant ainsi l'accroissement des connaissances sur les dynamiques cognitives, comme le souligne Shapiro (2019). Toutefois, cette flexibilité est souvent perçue par d'autres chercheurs en sciences cognitives comme

un manque de rigueur, critiquée pour son absence de preuves empiriques solides permettant d'étayer ses propos. Shapiro affirme que ces deux approches, bien que distinctes, ne sont pas nécessairement concurrentes. Il soutient que leur coexistence peut enrichir la compréhension de la théorie de la cognition. De plus, selon Andy Clark, comme le rapporte Shapiro, il reste une place légitime pour des processus cognitifs traditionnels tels que le calcul et la représentation. Cette perspective se distingue nettement de celle des partisans radicaux de la cognition incarnée, suggérant une synthèse potentielle entre les approches incarnées et computationnelles (SHAPIRO 2019).

2.1.3 Réflexion incarnée : origine

La théorie de la cognition incarnée est détaillée dans l'ouvrage *The Embodied Mind* de Varela, Thompson et Rosch, qui s'inspire des écrits de Merleau-Ponty, figure majeure du courant. Dans cet ouvrage, Merleau-Ponty souligne que l'expérience humaine repose fondamentalement sur l'interaction entre le corps et l'environnement, en proposant d'examiner la cognition à travers deux aspects complémentaires. Le premier, biologique, correspond à l'expérience interne vécue à travers le corps. Le second, phénoménologique, émane de l'interaction avec l'environnement. Varela et ses collègues soutiennent que les aspects complémentaires du paradigme de la cognition incarnée sont entièrement absents des sciences cognitives traditionnelles (VARELA et coll. 1991).

Selon Dourish, l'incarnation n'est pas un concept récent et occupe une position centrale dans la philosophie phénoménologique (DOURISH 2004). Il affirme que la phénoménologie, telle qu'elle est envisagée dans l'approche radicale de la cognition incarnée, s'aligne sur la vision de Heidegger, figure marquante de la phénoménologie et de l'existentialisme (WHEELER 2011). Cette perspective rompt nettement avec le dualisme hérité de Husserl, critiqué par Heidegger. Dans l'analyse de Dourish, Heidegger propose une conception du monde profondément humaine, où chaque aspect de l'environnement est intrinsèquement chargé de sens, issu des interactions sociales. Il suggère que l'environnement, structuré en adéquation avec les capacités physiques humaines, est naturellement porteur de signification. Cette configuration permet aux êtres humains de percevoir les informations essentielles grâce à leurs capacités sensorielles spécifiquement adaptées (DOURISH 2004).

L'approche incarnée, en explorant les interactions entre l'organisme et son environnement, s'appuie sur des concepts développés par James J. Gibson dans le cadre de la psychologie écologique (CHAMERO 2013). Shapiro explique que cette perspective soutient que l'environnement contient les informations nécessaires à la perception, lesquelles sont directement accessibles sans nécessiter de processus cognitifs internes complexes. Selon lui, Gibson conçoit la perception comme un échange continu d'informations entre l'environnement et l'organisme, suggérant que les interactions sont déterminées par les affordances (SHAPIRO 2019). Ces affordances représentent implicitement les possibilités d'action offertes par les objets présents dans l'environnement (NORMAN 2013).

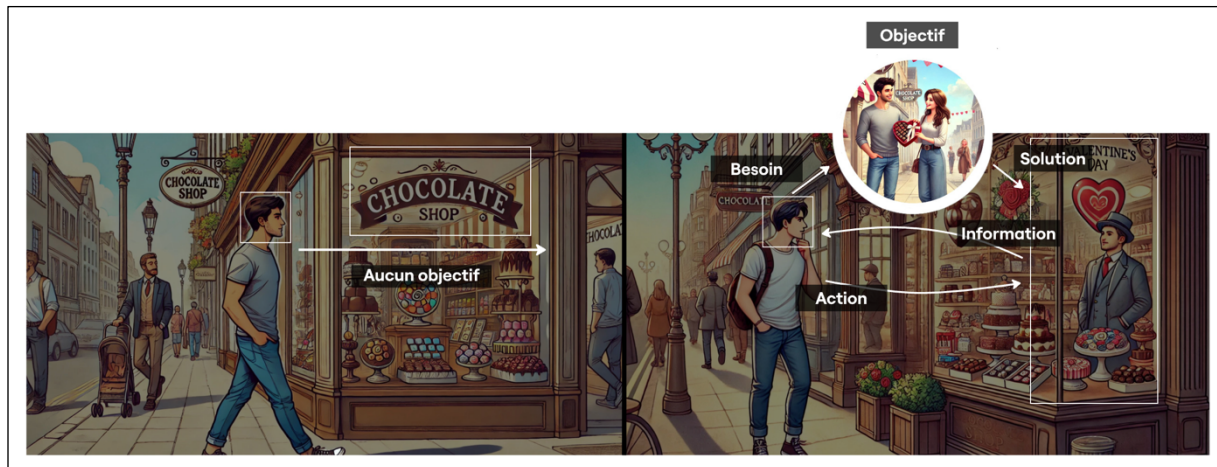
2.1.4 Corps-environnement

L'approche incarnée place au cœur de son analyse les interactions quotidiennes avec l'environnement. La théorie de la psychologie écologique (*Ecological Psychology*) est souvent décrite comme reposant sur trois principes essentiels, bien que certaines interprétations puissent en élargir le nombre. Premièrement, elle soutient que la perception est directe, impliquant un processus simple et immédiat. Deuxièmement, elle postule que la perception découle de la détection continue d'informations qui guident directement les actions de l'individu. Troisièmement, la théorie de la psychologie écologique introduit le concept d'affordances, affirmant que l'environnement, à travers ses objets et ses situations, offre une multitude de possibilités d'action que les individus perçoivent instinctivement (CHAMERO 2013) :

Le corps humain doit d'abord être compris comme en interaction avec son environnement parce qu'il est lui-même la matière réceptrice tout à la fois informée et informante. [...] Isolé du monde, il serait incapable de se construire dans la mesure où la nature l'a seulement doté de potentialité qui doivent rencontrer les circonstances d'un environnement pour prendre actualité. (ANDRIEU 2002 : 559)

À titre d'exemple, un individu se promenant en ville entend les klaxons des voitures, voit les gratte-ciels et perçoit les odeurs des restaurants. Tous ces éléments influencent sa perception : l'odeur d'un restaurant peut éveiller son appétit, les gratte-ciels peuvent lui fournir des indications sur son emplacement géographique, et les sons des voitures lui transmettent des informations directes sur la circulation, l'aidant ainsi à déterminer le moment sécuritaire pour traverser la rue. Kirsh décrit l'énaction comme un processus où l'organisme interagit continuellement avec son environnement à travers diverses activités simultanées. Ce concept d'énaction fusionne les actions et les états de l'individu pour accomplir des objectifs en interaction avec le monde environnant. Dans cette perspective, toutes les informations pertinentes pour l'organisme se trouvent dans l'environnement, et l'individu ne capte que ce qui est pertinent pour lui (KIRSH 2013). Par exemple, lorsqu'un individu passe quotidiennement devant une chocolaterie sur son chemin vers le travail, il est peu probable qu'il remarque la boutique. Cependant, à l'approche de la Saint-Valentin, il sera attiré par cette boutique, car il prévoit offrir une boîte de chocolat à sa partenaire.

Figure 2 – Sélectivité de l'information en fonction des objectifs dans l'interaction corps-environnement



Réalisée avec l'aide de CHAT GPT 2024

Selon la théorie de la psychologie écologique de Gibson, certains éléments de l'environnement, considérés comme des invariants, offrent des repères stables pour l'orientation. Ces repères, tels que les angles et les façades des bâtiments, demeurent constants et aident l'individu à s'orienter dans l'espace, contrairement aux éléments variables comme les vélos en mouvement, qui ne fournissent pas de repères aussi fiables en raison de leur caractère éphémère (SHAPIRO 2019).

2.2 Biologie et cinétique

Le corps humain s'adapte à son environnement, devenant une entité hautement fonctionnelle capable d'exécuter diverses activités vitales telles que marcher, courir, manger, respirer et digérer. Essentiel à la survie, le corps s'ajuste aux perturbations externes (FRISANCHO 2012). Pour illustrer que la cognition ne se limite pas au cerveau et que la composition corporelle influence la perception, l'exemple de Husserl comparant une tique à un humain est pertinent. En raison de sa structure corporelle et de ses besoins biologiques, la tique interagit avec son environnement différemment de l'humain. Elle filtre uniquement les stimuli pertinents pour sa survie, tels que la chaleur émanant d'un animal à sang chaud, sur lequel elle sautera pour se nourrir. Les autres caractéristiques de l'environnement, comme une branche de bois sur son chemin, demeurent imperceptibles pour la tique, car sa structure sensorielle n'est pas conçue pour traiter l'information. En revanche, l'humain, en raison de sa structure corporelle et de ses capacités perceptuelles développées, interagit différemment avec son environnement. Lorsqu'il se déplace sur un chemin, les branches de bois et autres obstacles potentiels sont perçues, ce qui lui permet de les éviter et de ne pas trébucher. Cette aptitude à percevoir et à réagir à une gamme étendue d'informations provenant de l'environnement est ancrée à sa structure corporelle, laquelle influence directement la perception du monde (FLEURANCE 2021).

2.2.1 Sensorimotricité

Pour amorcer l'interaction du corps humain avec son environnement et sa réponse aux divers stimuli, il est nécessaire de considérer l'action. Les actions ne se limitent pas à l'accomplissement de tâches quotidiennes ; elles englobent une variété de fonctions, telles que la communication verbale, l'écoute, l'anticipation d'événements et la détection de dangers, illustrant ainsi les capacités motrices distinctives de l'humain (VERCHER et BOURDIN 2012, PRINZ et coll. 2013).

La sensorimotricité, comme le mentionne Christine Miller, constitue le fondement de ces interactions, intégrant les perceptions sensorielles et les réponses motrices. L'action découle de la coordination précise des informations captées par les sens et des réponses motrices qui en résultent. Miller identifie deux catégories distinctes de sens : les sens spéciaux (vision, ouïe, équilibre, goût, odorat), associés à des organes sensoriels spécifiques, et les sens généraux, comme le toucher, qui captent les informations à travers la peau en tant qu'organe sensoriel (MILLER 2020). Andy Clark met en évidence les particularités de chaque sens, en soulignant, par exemple, que le toucher et la vue génèrent des expériences sensorielles distinctes (SHAPIRO 2019). Cette distinction souligne la diversité des modalités sensorielles dans l'interaction avec le monde, chaque sens étant enraciné dans un contexte biologique, psychologique et culturel élargi.

L'interaction entre ces sens se révèle lors de tâches simples comme l'écriture. Lorsqu'un crayon est utilisé sur une feuille de papier, la main ajuste sa position en fonction des informations perceptuelles fournies par la vision et le toucher. Le toucher permet de détecter la texture du papier et d'en délimiter les contours, tandis que la vision précise la forme, la couleur et la distance de la feuille, ce qui aide à anticiper le moment où la main atteindra la bordure de la feuille pour effectuer un saut de ligne (MILLER 2020). L'ouïe intervient également en détectant le frottement du crayon contre le papier, et l'absence de ce son indique que la main soulève le crayon pour réajuster sa position. Cette capacité d'adaptation est influencée par le contexte culturel de l'individu, qui façonne les actions et les interactions avec l'environnement. Par exemple, le style d'écriture et la disposition des éléments sur la feuille varient selon les différentes communautés. En Amérique, l'écriture se fait de gauche à droite, avec une lecture de haut en bas, favorisant ainsi le champ visuel droit. À l'inverse, dans les pays où le sens de lecture est inversé, comme ceux lisant de droite à gauche, le champ visuel gauche est privilégié. Ces habitudes de lecture influencent la façon dont l'environnement est parcouru visuellement (FLATH et coll. 2019).

2.2.2 Proprioception

La proprioception repose physiologiquement sur des récepteurs situés dans les muscles, les tendons et les articulations, qui informent le cerveau de tous les mouvements du corps (MERIAU 2021). Ce mécanisme est essentiel pour la perception de l'espace corporel et la coordination motrice, comme l'ont montré McCloskey en 1978, Hogervorst et Brand en 1998, ainsi que Romaguère et ses collaborateurs en 2003 (DOVE 2015). Souvent considérée

comme un sixième sens, la proprioception, bien qu'inconsciente, contribue significativement à la capture d'informations internes, ce qui la distingue des sens dits principaux (MERIAU 2021, TUTHILL et AZIM 2018).

L'hypothèse de Gapenne propose que la proprioception dépasse l'expérience interne du corps et interagit également avec l'environnement. Elle capte les informations différemment des autres sens spécialisés, permettant de distinguer son propre corps des éléments externes :

[...] proprioception, as a sensory system that is habitually dedicated essentially to experience of the body, is conceived here as a coupling which is necessary for the dual and concomitant constitution of a bodily self and of a distal perceptual field.
(GAPENNE 2014 : 8)

Cette hypothèse suscite un intérêt particulier dans les sciences cognitives incarnées, car elle suggère que la proprioception contribue à définir la frontière entre la perception de soi et l'environnement, jouant un rôle clé dans l'interaction entre le corps et son milieu. En effet, la proprioception facilite les échanges dynamiques entre le soi et les éléments extérieurs, permettant ainsi une compréhension cohérente du monde environnant.

Tuthill et Azim expliquent également que la proprioception est indispensable à la stabilisation du corps, permettant une adaptation en temps réel à l'environnement pour assurer sa protection. Tout organisme capable de se déplacer possède une capacité proprioceptive (TUTHILL et AZIM 2018), essentielle pour réagir adéquatement à son environnement. Cette conscience de la position et des limites du corps dans l'espace améliore la perception des distances et enrichit l'interaction avec l'environnement (GAPENNE 2014, CLIFTON et coll. 2016). Cette conscience débute dès les premiers mois de vie chez l'humain. Les nourrissons développent une conscience corporelle en imitant les expressions faciales des adultes, un phénomène observé par Gallagher. Cette imitation confère aux nourrissons un sens primitif de leur propre existence, qui se perfectionne au fil du temps grâce à l'exploration sensorielle et à l'apprentissage moteur (BENOÎT 2008).

2.2.3 Composition corporelle

La posture verticale du corps humain, la bipédie, ainsi que l'agencement de la tête sur un cou soutenu par les épaules et un squelette complet procurent une perception distincte de celle des quadrupèdes. Cette configuration modifie la relation spatiale des yeux avec le sol, influençant les perspectives visuelles, comme le souligne Gallagher en se référant aux travaux de J. von Uexküll et d'Erwin Straus. Selon Gallagher, la modulation de la cognition dépend directement de la composition corporelle (BENOÎT 2008).

Par exemple, l'humain ne bénéficie pas de la même amplitude de mouvements que certaines autres espèces, comme la rotation de la tête chez le hibou ou la vision périphérique du lièvre. Les caractéristiques des sens chez les humains sont adaptées à un

rôle de prédateur, permettant de capturer des proies. L'emplacement des yeux offre une vision tridimensionnelle de l'environnement, procurant une perception de la profondeur. En revanche, le lièvre, en tant que proie, possède une vue panoramique qui permet de réagir rapidement à toute menace imminente (GOLDMAN 2014). Ces limitations anatomiques restreignent l'accès à certaines informations visuelles tout en permettant d'accéder à d'autres informations inaccessible pour d'autres organismes (CORNWELL 1970).

Les modifications du schéma corporel durant la puberté, telle que les changements de voix, de taille et autres transformations physiques, peuvent exercer une influence sur les états mentaux et la cognition. Ces transformations permettent à l'adolescent d'affiner progressivement la perception de son image corporelle et de son identité personnelle, en partie façonnées par le corps (KIRSH 2013). Par ailleurs, l'image corporelle englobe les pensées et la conscience, ainsi que les attitudes, les émotions et les croyances concernant son propre corps. Les transformations du schéma corporel modifient directement cette image corporelle, montrant comment un individu appréhende son propre corps, que ce soit partiellement ou dans son ensemble (BENOÎT 2008). Cette image corporelle influe sur les interactions de la personne avec l'environnement et sa perception du monde. Par exemple, une personne gênée par son image corporelle pourrait éviter le contact avec les autres, ce qui souligne l'impact des perceptions corporelles sur les interactions sociales.

2.2.4 Conceptualisation

Les humains ont développé de nombreux concepts pour décrire les éléments de leur environnement. Bien que certains de ces concepts soient abstraits, l'accent est mis ici sur ceux qui définissent des objets physiques tangibles. Il est toutefois important de distinguer entre définir et représenter : un concept ne correspond pas directement à l'objet auquel il se réfère (SHAPIRO 2019). Par exemple, le concept de « chaise » ne se restreint pas à un modèle unique. Il englobe toutes les variations de cette catégorie : un meuble conçu pour s'asseoir, généralement doté de quatre pieds et différencié d'un tabouret par la présence d'un dossier.

Comme le mentionne Shapiro, la conceptualisation, c'est-à-dire la capacité humaine à organiser son environnement à l'aide de termes précis, est influencée par la constitution corporelle. Cette influence implique que l'accès aux concepts et leur compréhension dépendent en partie de la configuration du corps, qui découle de l'expérience sensorimotrice (SHAPIRO 2019). Selon Heidegger, la formation des concepts émerge de la composition corporelle et des actions effectuées, qui stimulent ce processus (DOURISH 2004). Lakoff, linguiste cognitif (LAKOFF 2022), soutient également que la nature du corps façonne les concepts accessibles à une personne ; un concept éloigné de la réalité corporelle peut alors devenir difficilement accessible (SHAPIRO 2019).

Gibson soutient que la perception du monde est directement liée aux actions que l'organisme peut accomplir. Autrement dit, toute modification des actions possibles

entraîne une altération partielle de la perception du monde à travers les interactions (KIRSH 2013). La perception est ainsi modelée par les compétences individuelles, les intérêts personnels et les engagements (GOZLI 2023). Par exemple, une personne qui développe un intérêt pour la sculpture et s’y consacre activement affine ses compétences et enrichit son répertoire artistique, ce qui favorise l’émergence de nouveaux concepts dans son domaine d’activité.

Les individus possèdent la capacité de créer des concepts qui peuvent également activer inconsciemment des groupes neuronaux en fonction du répertoire d’actions accumulé. Par exemple, le mot « marcher » peut activer les zones du cerveau associées aux parties du corps nécessaires à cette action, comme les jambes et les bras, préparant ainsi ces régions à effectuer une activité potentielle. Cette activation neuronale varie en fonction des activités individuelles ; certains concepts peuvent donc susciter davantage d’intérêt chez certaines personnes en fonction de leur constitution corporelle. Par exemple, une personne de grande taille pourrait être particulièrement encline à s’intéresser et à pratiquer des sports comme le basketball, ce qui entraînera l’activation des zones de son cerveau liées à ce sport lorsqu’elle sera exposée à des concepts relatifs au basketball via ses canaux sensoriels (SHAPIRO 2019).

2.2.5 Action

Les actions influencent la perception et modulent par la suite la plasticité neuronale. Ce processus permet l’intégration de nouvelles capacités d’action, laquelle modifie à son tour le répertoire comportemental et cognitif d’un individu (KIRSH 2013, CLIFTON et coll. 2016). Cette interaction entre action et perception est nécessaire pour comprendre l’évolution des capacités cognitives. Cette dynamique action-perception peut être comparée à l’idée que la pratique précède la théorie, un concept souvent souligné dans le domaine du design d’interaction, où l’expérimentation conduit à la conceptualisation.

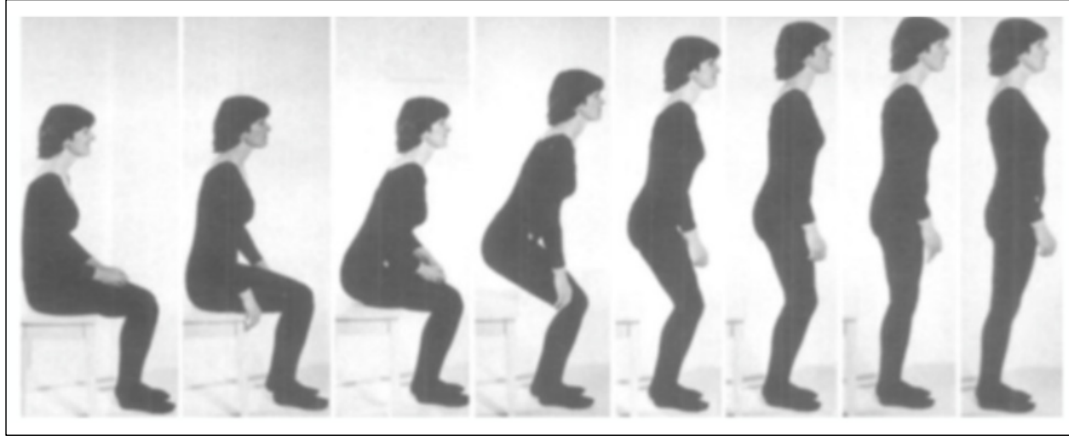
Perception en action

Erik Myin, Kevin O’Regan et Alva Noë soutiennent que la perception est une activité dynamique, continuellement modulée par les possibilités d’action. Les membres corporels jouent un rôle actif dans les processus cognitifs incarnés en facilitant la mémorisation par l’action. Par exemple, les jeunes enfants utilisent souvent leurs doigts pour compter et apprendre les chiffres, et ils peuvent également mémoriser les mois de l’année en s’appuyant sur des repères physiques, tels que leurs articulations (KIRSH 2013).

Lorsqu’un individu est assis devant un objet, sa perception initiale est limitée. En se levant, la perspective se révèle, offrant une vue détaillée et affinant ainsi la compréhension de l’objet. Ce changement d’action déclenche une série de perceptions qui enrichissent continuellement la compréhension de l’objet. En explorant davantage, par exemple en marchant autour de l’objet et en le manipulant, l’individu obtient une vision précise de ses

caractéristiques, telles que le poids, la texture, la qualité, la fragilité, la température et les sons qu'il peut émettre.

Figure 3 – Information émergente d'une séquence de mouvements assis-debout



Empruntée de QUIZLET s. d.

Ce processus, bien qu'itératif, se déroule en une fraction de seconde, équilibrant constamment la perception et l'action. Chaque action entreprise par l'individu peut influencer sa perception et potentiellement ouvrir la voie à de nouvelles possibilités d'action, modulant ainsi encore la perception (SHAPIRO 2019).

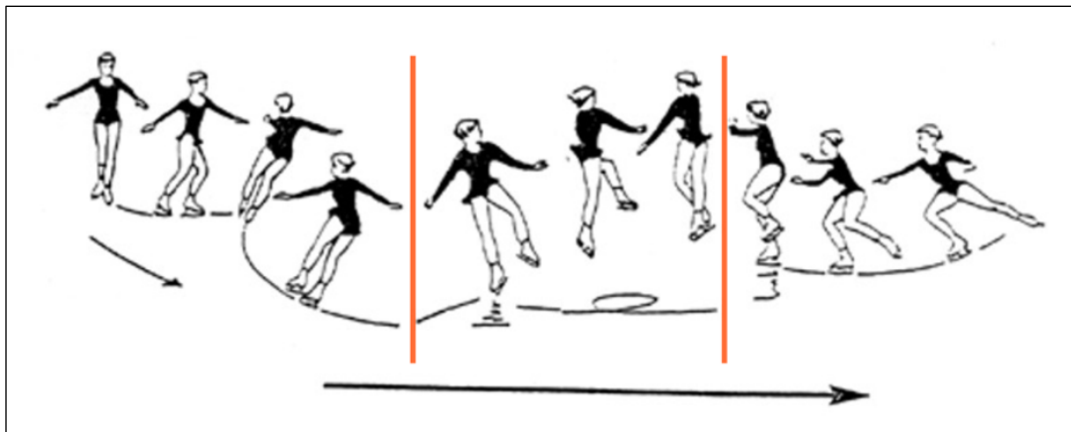
L'action précède la cognition

Paul Dourish, professeur et chercheur spécialisé en informatique (DOURISH 2001), met en avant le rôle central de l'action dans la cognition, comme il l'explore dans son ouvrage *Where the Action Is*. Il soutient que l'action transforme la perception et, par conséquent, façonne la cognition. Cette interrelation est essentielle pour comprendre l'impact des expériences pratiques sur les processus cognitifs et théoriques. Heidegger avait déjà proposé une perspective similaire en affirmant : « The way we act in the world is logically prior to the way we understand it » (DOURISH 2004 : 10). Selon lui, c'est à travers l'action que le sens du monde se dévoile à un individu. En interagissant activement avec son environnement pour répondre à ses besoins et résoudre ses problèmes, l'individu parvient à comprendre et à donner un sens à son monde (DOURISH 2004).

L'apprentissage par l'action, tel que décrit par David Kirsh dans son étude sur la chorégraphie (KIRSH 2013), se manifeste dans l'exemple d'une patineuse artistique apprenant une nouvelle figure en observant son entraîneur décomposer les mouvements. Cette méthode détaillée permet à la patineuse de comprendre les attentes de sa discipline. L'entraîneur analyse chaque élément, expliquant avec précision les positions des bras et des jambes, ainsi que les mouvements nécessaires pour exécuter le saut. Il effectue ensuite les étapes progressivement sur la glace, en réalisant une exécution lente pour faciliter la compréhension.

Après cette décomposition, l'entraîneur et la patineuse pratiquent ensemble, en segmentant la figure en plusieurs parties : la préparation au saut, le saut lui-même, et l'atterrissage, afin de rendre l'information digeste. Ce processus trouve écho dans le principe de mémorisation de « 7 plus ou moins 2 », qui suggère d'apprendre à travers des « *chunks* » d'information (DORST 2019). En enseignant ainsi, l'entraîneur aide la patineuse à maîtriser progressivement chaque segment de la figure. Ce processus favorise une compréhension graduelle de la réalisation de la figure grâce à des mouvements itératifs, en privilégiant une approche globale plutôt que la recherche immédiate de la perfection des mouvements, comme l'a observé Kirsh dans son étude. Une fois chaque section intégrée, la patineuse tente d'exécuter la figure complète en ajustant ses mouvements. Les douleurs musculaires ou les troubles respiratoires sont également considérés dans le schéma cognitif de l'exécution de la figure, car ils impactent les performances de l'athlète. En visualisant, il est difficile d'anticiper la multitude de difficultés physiques spécifiques que la patineuse pourrait rencontrer. Ces imprévus influencent la performance et révèlent qu'il n'existe pas d'universalité dans l'exécution du saut, chaque individu le réalisant de façon unique (KIRSH 2013).

Figure 4 – Exécution d'une figure en patinage artistique



Adaptée de STEEMIT s. d.

Sans participation active et mise en pratique, il serait ardu, voire impossible pour la patineuse de comprendre et d'assimiler les détails des mouvements. L'engagement physique est indispensable pour que le corps intègre pleinement les techniques. Cet engagement permet au corps d'ajuster et d'affiner ses perceptions, ouvrant la voie à une compréhension approfondie et soulignant que la cognition s'étend au-delà de l'activité cérébrale (KIRSH 2013).

2.3 Cognition assistée

Aujourd'hui, les individus sont entourés d'objets qu'ils utilisent quotidiennement pour faciliter des tâches qui seraient autrement complexes (KIRSH 2013). Cette section du chapitre examine en détail comment la cognition humaine peut s'étendre aux objets, augmentant ainsi les facultés humaines et allégeant la charge cognitive. De plus, cette analyse explore comment ces objets, en tant qu'extensions de l'esprit humain, permettent de repousser les limites des capacités naturelles (CLARK et CHALMERS 1998).

2.3.1 Cognition étendue

L'humain externalise une partie de sa cognition dans des objets pour alléger sa charge cognitive. Il recourt à divers outils pour l'assister dans ses activités quotidiennes : un agenda pour consigner ses rendez-vous, des applications de rappels et de notes sur son téléphone portable, des notifications pour ne pas omettre la prise de médicaments, ou encore des assistants vocaux tels qu'Alexa et Google Home. La théorie de la cognition étendue postule que les processus cognitifs ne se limitent pas au corps et au cerveau, mais peuvent être étendus à des objets, facilitant ainsi l'accomplissement de diverses tâches (KIRSH 2013).

À titre d'exemple, lorsqu'un individu réalise un calcul mental, la théorie computationnelle des sciences cognitives classiques, pertinente dans ce contexte, suggère qu'il construit des représentations mentales pour résoudre le problème. Toutefois, face à une formule mathématique complexe, il peut avoir recours à des supports matériels pour faciliter cette tâche (CLARK et CHALMERS 1998). En transcrivant la formule sur une feuille de papier à l'aide d'un crayon, l'individu crée une interaction tangible avec l'équation, ce qui simplifie la résolution en permettant de suivre une série d'étapes concrètes. Les représentations mentales, étant abstraites et éphémères, imposent une charge cognitive accrue en sollicitant intensément la mémoire de travail. En transférant ces représentations sur papier, l'individu réduit cette charge cognitive et peut réfléchir librement, bien que la concentration puisse fluctuer au cours du processus (PETTY 1956).

En design, dessiner des croquis sur papier permet aux designers de raffiner, comparer, combiner ou éliminer des idées rapidement et judicieusement. Bien que ces processus puissent être réalisés mentalement, ils demanderaient une quantité significative d'énergie cognitive. En esquissant de façon approximative, les designers peuvent évaluer la pertinence des idées et décider des directions conceptuelles à explorer. Selon la théorie de la charge cognitive (*Cognitive load*) de Sweller, de telles pratiques sollicitent intensément la mémoire de travail, ce qui peut affecter négativement la performance créative (SIBO et coll. 2024). Comme l'ont observé Sibo et ses collègues :

[...] when cognitive load exceeds the capacity of working memory, it is expected that intrinsic, extraneous, and germane load exerts an influence, to some extent, on creative thinking indicators such as fluency, flexibility, originality, feasibility, and appropriateness. (SIBO et coll. 224 : 2)

Lorsque la mémoire de travail est saturée, la créativité diminue. Cette surcharge peut découler de plusieurs éléments : la complexité intrinsèque de la tâche, la perception des informations nécessaires (charge extrinsèque), et l'effort requis pour comprendre et exécuter la tâche (charge essentielle) (MATHESON et HUTCHINSON 2019).

2.3.2 Cycle dynamique

McLuhan souligne que les objets influencent autant les individus que l'inverse (KIRSH 2013), créant une boucle d'amplification des capacités humaines grâce à la pensée instrumentée. Fondamentalement, les actions humaines répondent aux besoins de survie. Au cours de son évolution, l'humanité a développé une variété d'outils pour s'adapter à son environnement et pour satisfaire ses besoins en innovant, tout en résolvant des problèmes pour atteindre ses objectifs.

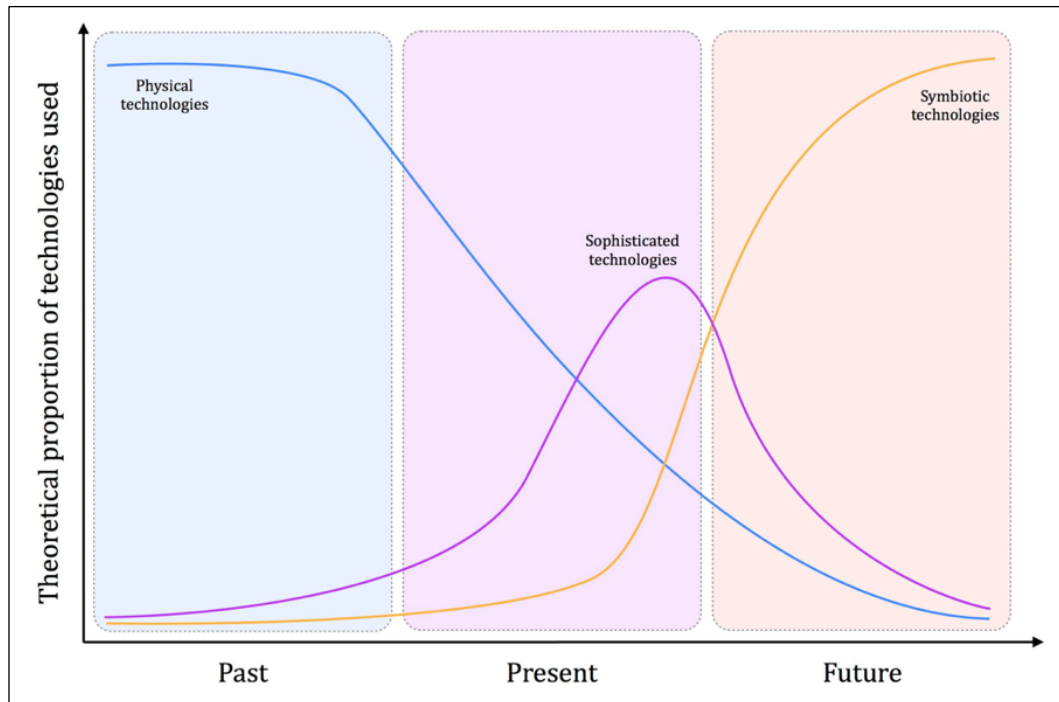
L'interaction continue de l'humain avec son environnement l'amène à développer diverses stratégies pour surmonter les obstacles lors de l'exécution d'actions essentielles. Par exemple, l'évolution du marteau, souvent considéré comme le roi des outils (PETROSKI 1992), a commencé avec une simple pierre et a progressivement conduit à la création d'outils plus avancés au fil des générations. Ces marteaux ont évolué depuis leur forme rudimentaire pour devenir des instruments sophistiqués, dotés de manches en bois pour un confort accru et équipé d'une fonction d'extraction de clous. Cette progression illustre l'innovation face aux défis rencontrés, ainsi qu'une amélioration de la puissance de frappe, tout en réduisant l'effort nécessaire grâce à l'effet de levier (HAUS OF TOOLS 2018).

Les marteaux ont évolué en réponse aux besoins changeants des communautés et se sont adaptés à leurs contextes culturels et sociaux. Aujourd'hui, ils sont généralement fabriqués avec des matériaux robustes pour une durabilité accrue, influencés par des préoccupations environnementales (PINKSE et BOHNSACK 2021), et présentent une prise en main optimisée ainsi qu'un design raffiné, en accord avec l'intérêt intrinsèque de l'humain pour l'esthétique (CHARLTON 2016). Conçus pour répondre aux exigences croissantes de performance de la société contemporaine, les marteaux rendent l'utilisation de pierres pour l'assemblage de planches de bois inefficace en raison de la consommation d'énergie et du temps nécessaire pour les manipuler¹.

Les objets possèdent des dimensions psychologiques, culturelles et sociales qui reflètent les besoins, désirs et objectifs de la société (SALOMON 1983). Plutôt que d'utiliser des objets obsolètes du passé, l'innovation s'appuie sur les technologies actuelles pour améliorer continuellement l'environnement.

¹ Des remerciements sont adressés à Eric Leblanc pour l'orientation vers ce concept.

Figure 5 – Évolution du type d'utilisation : des outils physiques aux symbiotiques



Empruntée de OSIURAK et coll. 2018

La cognition humaine se module également à ces objets, augmentant ainsi ses capacités intellectuelles. Les nouvelles générations s'appuient sur les outils les mieux adaptés afin de poursuivre la trajectoire de l'innovation, écartant progressivement les outils devenus inutiles (OSIURAK et coll. 2018).

2.3.3 Objets : Influence perceptuelle

L'interaction avec les objets joue un rôle important dans la perception individuelle du monde. Par exemple, l'utilisation spécifique d'objets influence la vision personnelle d'un individu, modifiant ainsi son interaction avec l'environnement. Un fumeur pourrait identifier un cendrier potentiel là où d'autres ne le percevraient pas (KIRSH 2013). De même, une personne souffrant d'hyperactivité de la vessie pourrait accorder une attention particulière à l'emplacement des toilettes, leur importance étant accentuée par rapport à ceux qui n'en sont pas concernés. Ainsi, les individus ne réagissent pas uniformément aux mêmes objets. Les intérêts personnels et les actions quotidiennes, déterminées par le contexte individuel, influencent également la conception que chacun a du monde qui l'entoure (DI PAOLO 2016).

Cependant, comme l'ont indiqué Proffitt et ses collègues, cet effet dépasse le cadre des simples outils. En effet, le corps, l'âge, la santé et les compétences individuelles influencent la construction des représentations mentales des espaces navigables (CLIFTON et coll. 2016). Par exemple, selon Proffitt, un randonneur portant un lourd sac à dos perçoit le temps de sa randonnée comme étant allongé comparé à une randonnée sans sac à dos.

Ainsi, les attributs physiques de l'individu et les objets qu'il utilise modulent son expérience et sa perception de l'environnement (KIRSH 2013).

L'état des objets peut également transmettre des informations. Par exemple, un livre jauni peut suggérer qu'il est ancien et bien consulté, tout comme une voiture rouillée peut paraître vieillie en raison d'un entretien insuffisant (EHN et LINDE 2004). L'apparence et l'état général, marqués par les traces d'usure, fournissent des indices qui influencent la perception et la compréhension de leur utilité et de leur histoire (HEKKERT et VAN DIJK 2011).

3 Dématérialisation : impact des perturbations sensorielles

La cognition est modulée en partie par le corps en interaction avec son environnement. Cet environnement est lui-même inscrit dans des contextes superposés, influençant la manifestation de la perception et de l'action. Par ailleurs, chaque partie du corps s'inscrit dans des contextes individuels spécifiques, ce qui contribue à la complexité de la cognition. En d'autres termes, tout comme l'environnement est façonné par des contextes multiples qui se chevauchent et s'entrelacent, les parties du corps opèrent également dans des contextes distincts, mais interconnectés, influençant la pensée et l'interaction avec le monde (SHAPIRO 2019). Le corps, par sa composition biologique et sa cinétique, participe activement à la cognition.

Dans ce chapitre, l'impact des technologies numériques sur l'expérience sensorielle sera analysé. Avec l'évolution des technologies informatiques, les modes de pensée et de travail ont radicalement changé comparés à la société pré-numérique. Il est donc nécessaire pour les designers d'analyser le contexte technologique. Comprendre l'impact des perturbations sensorielles sur la cognition permet d'adopter une perspective holistique des conséquences positives et négatives de ces perturbations.

Les outils technologiques ont engendré de nouvelles formes d'interaction, modifiant les schémas de pensée. Toutefois, cette transformation s'accompagne d'une altération de l'expérience sensorielle, la technologie ne parvenant pas à reproduire fidèlement les interactions authentiques propres à l'environnement physique dans le numérique (DONATH 2020). Par conséquent, le corps réagit différemment en interaction avec l'environnement numérique, ne disposant pas de l'intégralité de ses sens pour capter les informations, ce qui peut provoquer une déstabilisation sensorielle.

3.1 Ère numérique

Dans leur ouvrage *The Second Machine Age*, Erik Brynjolfsson et Andrew McAfee analysent l'évolution humaine et expliquent comment, pendant des millénaires, l'humain a utilisé sa force physique pour domestiquer des animaux et accomplir diverses activités manuelles afin d'assurer sa subsistance. Cette période, qu'ils appellent le « premier âge », est marquée par l'exploitation de la puissance physique pour maîtriser l'environnement. En revanche, le « second âge de la machine » se distingue par les avancées numériques, permettant désormais d'exploiter les capacités intellectuelles pour atteindre un niveau de maîtrise de l'environnement similaire à celui obtenu par l'utilisation de la force physique durant le premier âge (BRYNJOLFSSON et MCAFEE 2014).

L'émergence de l'informatique, catalysée par des avancées techniques significatives, a conduit au développement de nouvelles méthodes d'interaction avec des systèmes informatiques intégrés dans divers appareils et environnements (DOURISH 2001).

Ces innovations ont rendu l'ordinateur omniprésent, transformant le quotidien et élargissant les possibilités d'interaction avec le monde numérique (DOURISH 2004).

Les ordinateurs ont révolutionné les performances dans divers secteurs commerciaux, en particulier dans le domaine du design, en permettant l'émergence de nouvelles disciplines, notamment le design d'interface, tout en étendant les capacités cognitives et opérationnelles des professionnels en leur fournissant des outils pour innover et résoudre des problèmes complexes (BRYNJOLFSSON et MCAFEE 2014). Ainsi, l'évolution de l'informatique, qui a engendré une dématérialisation progressive, a profondément remodelé les modes de vie, de travail et d'interaction avec le monde environnant.

3.1.1 Environnement numérique

L'environnement numérique résulte d'une série d'innovations centrées sur le développement des technologies informatiques et computationnelles. Ce nouvel environnement se développe en symbiose avec l'environnement physique, nécessitant des ressources extraites du monde tangible pour fonctionner. Bien que l'environnement numérique dépende du monde physique pour exister, les activités de ses utilisateurs se déroulent parallèlement à ce dernier. L'interaction avec l'environnement numérique exige l'utilisation d'un dispositif embarqué, une technologie intégrée à un objet, permettant d'être actif dans cet environnement (FORREST et WEXLER 2023).

L'expression « environnement numérique », bien qu'il n'existe pas de définition unique, se réfère à un concept englobant les activités réalisées au sein d'un objet informatique (PLATONOVA et coll. 2022). Cet environnement crée des espaces permettant diverses activités analogues à celles de l'environnement physique, mais vécu différemment. Par exemple, il est possible d'y utiliser une gamme d'outils numériques, de collaborer à distance avec des collègues, de partager des ressources et des informations, de se divertir via des jeux et des médias en ligne, de communiquer à distance avec son réseau professionnel ou personnel, et de créer du contenu numérique qui peut ensuite devenir physique. Ces activités, bien que comparables à leurs homologues physiques, acquièrent une nouvelle dimension dans le contexte numérique, ouvrant la voie à une multitude de nouvelles possibilités d'actions et d'interactions.

L'environnement numérique et l'environnement physique partagent une synchronisation temporelle permettant aux utilisateurs d'interagir avec les deux simultanément (TURKLE 2011). Toutefois, les actions effectuées dans chaque contexte diffèrent. Par exemple, dans le monde physique, une interaction courante peut impliquer l'utilisation de la souris et du clavier pour cliquer et pointer, tandis que dans l'environnement numérique, cela se traduit par le déplacement de fichiers sur un bureau virtuel. Bien que ces actions poursuivent des objectifs similaires, elles ne sont pas identiques et se complètent mutuellement.

3.1.2 Dématérialisation

En conséquence, la dématérialisation, résultant de l'émergence de l'environnement numérique, désigne le processus par lequel un objet physique est converti en une entité numérique (VINK 2016). En quelque sorte, l'humanité a développé une nouvelle dimension : l'environnement numérique, où les possibilités d'interaction surpassent celles de l'environnement physique traditionnel (BRYNJOLFSSON et MCAFEE 2014) tout en étant soumises à leurs propres limitations. Cette transition vers l'environnement numérique altère la nature de l'interaction avec les objets, réduisant l'implication des sens et introduisant des changements profonds, tels que la perte de repères tactiles, dans la perception et la manipulation des entités numériques. Par exemple une pomme tangible, que l'on peut saisir, toucher, humer et goûter, ne peut être appréhendée de façon équivalente dans l'environnement numérique, où il est impossible de vivre pleinement l'expérience sensorielle de la pomme. Cette limitation peut fausser ou rendre incomplète la compréhension de l'objet.

3.1.3 Omniprésence informatique

Pour comprendre la progression rapide des nouvelles technologies, il convient de se référer à la « Loi de Moore », une référence majeure dans le domaine des technologies. Cette loi stipule que les performances des technologies doublent environ tous les deux ans, générant ainsi une croissance informatique exponentielle. Cette dynamique joue un rôle déterminant dans les transformations rapides de la société. Comme le prédit Moore : « Integrated circuits will lead to such wonders as home computers — or at least terminals connected to a central computer — automatic controls for automobiles, and personal portable communications equipment » (BRYNJOLFSSON et MCAFEE 2014 : 40).

Les ordinateurs modernes assistent désormais les humains dans l'exécution de tâches complexes. À titre d'exemple, Google Traduction, l'une des premières plateformes de traduction populaires est progressivement éclipsée par Chat GPT, un outil textuel et un traducteur remarquable. Parallèlement, les assistants vocaux ont considérablement évolué, et les casques de réalité virtuelle offrent des immersions profondes dans des environnements numériques. Autrefois considérées comme de la science-fiction, les voitures automatisées sont aujourd'hui une réalité tangible, illustrée par les modèles de Tesla et Google, comme le mentionnent Brynjolfsson et McAfee. Ils soulignent également que l'ordinateur a permis de transcender les limites de la force physique en exploitant les capacités intellectuelles (BRYNJOLFSSON et MCAFEE 2014). Avec l'émergence des technologies numériques, le corps s'est adapté à une moindre utilisation des sens corporels, conséquence de la dématérialisation des objets physiques au profit des environnements numériques.

Aujourd'hui, les ordinateurs traditionnels continuent de renforcer une sédentarité accrue. Malgré l'émergence de nombreuses technologies conçues pour atténuer cette tendance, une diminution marquée de l'activité corporelle persiste, compromettant le développement

biologique humain (HANNA et coll. 2023). Cette situation pose un problème de sédentarité, car le corps se trouve limité dans ses mouvements.

La dématérialisation a transformé le rapport sensoriel à l'environnement, incitant à repenser la place du corps dans les interactions quotidiennes et professionnelles. L'utilisation des ordinateurs impose des contraintes de posture : souvent assis devant un bureau, le corps orienté vers l'écran, les mains sur le clavier et la souris. Ces postures statiques, qui privilégient l'expérience visuelle, restreignent l'engagement dynamique du corps, fondamental selon la théorie de la cognition incarnée. Cette réduction de l'intégration du corps dans le processus de travail altère l'incarnation (CLIFTON et coll. 2016), perturbant ainsi le flux créatif et l'émergence d'idées nouvelles.

Les technologies contemporaines, en offrant des capacités inédites et un accès instantané à une immense quantité d'informations, ont largement étendu les limites traditionnelles de la cognition. En effet, à l'ère pré-numérique, l'accès à l'information était limité, et les étapes nécessaires pour y parvenir étaient bien différentes. Les journaux, par exemple, fournissaient des informations locales et étaient imprimés périodiquement. Le processus de rédaction, d'impression et de distribution, ainsi que l'obtention du journal, n'était pas instantané. En revanche, à l'ère numérique, les informations sont publiées instantanément sur les plateformes de médias sociaux et les sites web².

3.1.4 *Cogito, ergo sum* : le soi à l'ère numérique

Ce changement dans la perception et l'utilisation généralisée de l'ordinateur est symptomatique d'une transformation d'envergure : les avancées technologiques ont profondément altéré la relation au monde et à soi-même, intégrant progressivement les objets numériques dans le quotidien. Cette évolution a suscité des interrogations inédites sur l'identité humaine et celle des machines, ainsi que sur la relation entre l'humain et la technologie. Dans ce contexte, Sherry Turkle, professeure d'études sociales des sciences et technologies (MIT s. d.), souligne qu'au cours des années 1970 et 1980, l'interaction avec les machines incitait à reconsidérer la nature de la pensée humaine, de la mémoire et de la compréhension (TURKLE 2011). Ces technologies, en particulier les ordinateurs, servaient de miroirs cognitifs, amenant les utilisateurs à réfléchir sur leurs propres processus mentaux et à examiner leur mode de pensée. Il en ressort que l'ordinateur induisait une autoréflexion chez ses utilisateurs, les poussant à une introspection sur leurs capacités intellectuelles et leurs modes de raisonnement : « [...] people reflected on who they were in the mirror of the machine » (TURKLE 2011 : 11). Cette réflexion est pertinente puisqu'elle se situe dans un contexte technologique où le concept de l'« utilisateur » tel qu'il est connu aujourd'hui n'était pas encore défini (DOURISH 2004).

² Des remerciements sont adressés à Eric Leblanc pour l'orientation vers ce concept.

Le miroir de la machine, met en lumière comment les technologies numériques redéfinissent la perception du monde et influencent les interactions quotidiennes. Un exemple simple, celui des agendas numériques illustre l'intégration de ressources extraneurales dans la gestion collaborative des tâches et rendez-vous. Contrairement aux agendas classiques, ils permettent une gestion en temps réel, optimisant la coordination collective. Ils favorisent également la prise de conscience des habitudes de planification et facilitent l'analyse des activités pour identifier des inefficacités potentielles (TURKLE 2011). Cette autoréflexion révèle l'intégration de l'ordinateur au schéma cognitif, influençant l'image corporelle de façon similaire à l'impact de la biologie du corps.

3.2 Impacts cognitifs-perceptifs

L'ordinateur, en tant qu'innovation récente dans l'évolution technologique humaine, correspond précisément à la classification établie par Nicholas Carr. Carr divise les technologies en quatre catégories distinctes selon leur capacité à renforcer ou à étendre les facultés naturelles, qu'elles soient intellectuelles ou physiques (CARR 2010). La première catégorie regroupe les technologies visant à optimiser la dextérité, la force physique, et la résilience corporelle, comme les outils manuels avancés et les systèmes d'assistance motorisés tels que les exosquelettes. La deuxième catégorie inclut les technologies qui amplifient la portée ou la sensibilité des sens, tels que les dispositifs de correction visuelle et les équipements de diagnostic médical. La troisième catégorie concerne les technologies qui modifient et adaptent l'environnement pour mieux répondre aux besoins, couvrant des domaines comme l'agriculture de pointe et l'ingénierie génétique. La quatrième catégorie, comme le présente Carr :

[...] include all the tools we use to extend or support our mental powers — to find and classify information, to formulate and articulate ideas, to share know-how and knowledge, to take measurements and perform calculations, to expand the capacity of our memory [...] So are the abacus and the slide rule, the sextant and the globe, the book and the newspaper, the school and the library, the computer and the Internet. [...] it is our intellectual technologies that have the greatest and most lasting power over what and how we think. They are our most intimate tools, the ones we use for self-expression. (CARR 2010 : 49)

Les ordinateurs appartiennent à la catégorie des technologies intellectuelles qui, selon Carr, ont la capacité de transformer la pensée ainsi que la perception du monde. Carr souligne que ces technologies ne se contentent pas d'améliorer les capacités mentales, mais qu'elles modifient également le traitement de l'information et l'interaction avec l'environnement. En effet, les ordinateurs facilitent l'organisation et l'analyse des données, permettant une gestion optimisée et une compréhension approfondie des informations. Cette transformation influence directement les modes de pensée, les méthodes de résolution de problèmes et l'apprentissage (CARR 2010).

Turkle révèle que les ordinateurs, au-delà de leur simple fonction utilitaire, exercent une influence profonde sur leurs utilisateurs. Ils transforment la perception que les individus ont d'eux-mêmes, ainsi que leurs interactions sociales et leur sentiment d'humanité (TURKLE 2011). Autrement dit, l'utilisation des ordinateurs va au-delà des tâches pratiques et entraîne des changements significatifs dans la construction de l'identité personnelle, les relations sociales et la compréhension de ce qu'est l'humanité.

Nietzsche, en utilisant intensivement sa machine à écrire, observait une mutation notable dans ses processus cognitifs. Il percevait l'appareil comme une extension de lui-même, une sorte de prolongement de son être. Cependant, il éprouvait également un phénomène inverse, où il en venait à se considérer comme une entité aussi impersonnelle et mécanique que l'outil lui-même. Cette dynamique met en évidence comment l'interaction avec des dispositifs technologiques peut induire des transformations dans la perception de soi et des objets (CARR 2010).

Ces observations illustrent l'émergence d'une nouvelle ère où la technologie ne se contente pas de remplir des fonctions utilitaires, mais devient un acteur central dans la structuration des existences humaines et des dynamiques sociales. Turkle explore comment cette influence technologique redéfinit à la fois la perception de l'identité individuelle, les interactions entre les individus et la compréhension de leur place dans le monde (TURKLE 2011).

3.2.1 Interaction incarnée

Selon Weiser, les technologies les mieux intégrées sont celles qui, par une utilisation fréquente, deviennent imperceptibles en arrière-plan (DOURISH 2001). En s'intégrant pleinement à l'environnement quotidien, ces technologies ne se contentent pas de faciliter les tâches, mais influencent également les perceptions et interactions et émergent comme des éléments essentiels impactant le processus cognitif (DOURISH 2001). Ainsi, chaque nouveau médium transforme ses utilisateurs (CARR 2010).

Weiser poursuit en expliquant que, grâce à la miniaturisation des ordinateurs, ceux-ci peuvent également se retirer en arrière-plan lors de leur utilisation. Dourish enrichit cette idée en affirmant que ce retrait favorise des interactions incarnées. Autrefois, les interactions humaines avec les systèmes informatiques étaient principalement centrées sur des calculs et des représentations abstraites. Aujourd'hui, en contraste avec les interfaces informatiques traditionnelles, les utilisateurs interagissent avec des ordinateurs dotés d'interfaces permettant des interactions naturelles prenant la forme d'interactions physiques incarnées. Par exemple, les assistants vocaux tels qu'Alexa et Google Home permettent une communication par la voix, semblable à celle entre pairs. Ces technologies s'intègrent dans les contextes contemporains, où les réalités physiques et sociales sont prises en compte pour orienter l'interaction humain-machine (DOURISH 2001, DOURISH 2004).

Dans le domaine de l'interaction humain-machine, les programmes de recherche visent à intégrer des interactions incarnées dans les technologies, en s'appuyant sur les perspectives situées et incarnées de philosophes tels que Heidegger (DORISH 2004). Ces travaux visent à élaborer des systèmes où les utilisateurs interagissent aussi naturellement qu'ils le feraient dans leur environnement physique habituel. En réalité virtuelle, il s'agit de développer des interfaces qui permettent une interaction avec l'environnement virtuel tellement fluide que l'utilisateur en oublie qu'il s'agit d'une simulation (LACHMAIR et coll. 2022). Comme mentionné précédemment, la dématérialisation des objets conduit les utilisateurs à manipuler des représentations d'objets, modifiant ainsi leur perception directe et authentique de ces objets.

Pour les designers, la tendance à la dématérialisation peut perturber la créativité. La diminution des interactions corporelles riches en expériences sensorielles, ancrées dans le monde physique et naturel pour l'humain, peut mener à une compréhension partielle et moins cohérente des éléments dans l'environnement numérique.

3.2.2 Dualité information-sensorialité

Les technologies modernes transforment l'interaction avec le monde physique, entraînant des modifications dans les processus cognitifs et influençant l'expérience sensorielle et corporelle. Comme le souligne Carr, les technologies intellectuelles modernes, tout en amplifiant les capacités mentales, entraînent une perte observable de plusieurs facultés humaines fondamentales, notamment la raison, la perception, la mémoire et les émotions :

« [...] an honest appraisal of any new technology, or of progress in general, requires a sensitivity to what's lost as well as what's gained. We shouldn't allow the glories of technology to blind our inner watchdog to the possibility that we've numbed an essential part of our self » (CARR 2010 : 186).

Les technologies affectent les processus cognitifs, mais elles modifient également d'autres aspects, notamment moteurs. Par exemple, l'utilisation fréquente du clavier pour rédiger réduit la pratique de la motricité fine chez les individus. Cette diminution de la motricité fine peut entraîner une perte esthétique dans l'écriture manuscrite et une diminution de la rapidité dans l'exécution de l'écriture à la main (CARR 2010, SÜLZENBRÜCK et coll. 2011), illustrant ainsi comment la technologie transforme la relation du corps avec son environnement, et par conséquent, l'interaction avec le monde physique.

Il convient de préciser qu'il ne s'agit pas d'une critique des technologies. Comme l'a souligné Weizenbaum, une technologie bien intégrée dans une société ne peut être retirée sans perturber l'équilibre de celle-ci (CARR 2010). L'intégration des technologies dans le quotidien est illustrée par la panne informatique mondiale survenue en juillet 2024. Cet incident a affecté 8,5 millions d'ordinateurs sous Windows. Microsoft a indiqué que ce chiffre représentait moins de 1% de leur parc d'appareils, mais les conséquences ont été significatives. La panne a perturbé des services vitaux tels que ceux du secteur aérien,

hospitalier et industriel (LA PRESSE 2024), mettant en évidence l'impact majeur des technologies dans la vie quotidienne.

Ainsi, il ne s'agit pas de contester la place de la technologie dans la société, mais plutôt d'explorer les compromis associés à son utilisation. En étudiant l'adaptation des processus cognitifs à ces technologies, il est observé que, bien que des avantages aient été obtenus, certains aspects de l'expérience sensorielle et corporelle ont été altérés. Dans la section suivante, quelques observations sur ces changements seront examinées, en évaluant les impacts des ordinateurs sur l'expérience sensorielle et corporelle.

3.2.3 Perturbations sensorielles

Mémoire et attention

Un développement notable pour la mémoire est qu'il est possible de transférer celle-ci dans des objets, éliminant ainsi la nécessité de retenir diverses informations. Socrate avait déjà observé que l'utilisation de l'écriture pour consigner la réflexion sur papier permettait aux individus de se libérer de l'obligation de mémoriser ces informations, rendant cette pratique essentielle (CARR 2010). Carr souligne que des technologies telles que les livres sont devenues des compléments à la mémoire biologique du cerveau, réduisant la nécessité de mémoriser chaque détail puisque les informations peuvent désormais être consultées à volonté.

Avec l'avènement des nouvelles technologies, cette tendance s'est intensifiée, les individus se reposent davantage sur la mémoire étendue. Cette interaction humain-machine a permis de libérer la mémoire biologique pour des tâches cognitives complexes et de faciliter l'accès à une vaste quantité d'informations. Cependant, il a été constaté que la mémoire peut être altérée par des stimuli tels que le bruit visuel et auditif, fragmentant ainsi la capacité d'attention et réduisant sa richesse. L'environnement numérique, saturé d'informations, exerce une influence perturbatrice sur la mémoire interne. Les travaux de Wais et Gazzaley révèlent que les distractions visuelles et auditives affectent la qualité du rappel des informations, rendant les souvenirs incomplets ou altérés (CRAIK 2014).

Cette dépendance accrue envers les technologies pour la mémorisation étendue entraîne une réduction de l'utilisation de la mémoire interne, fragmentant ainsi les processus cognitifs et diminuant l'attention. Cette fragmentation affecte l'intégration et la récupération des informations, modifiant profondément les schémas de pensée et de mémorisation (CRAIK 2014). Ce phénomène revêt une importance particulière dans le domaine du design, où la richesse sensorielle des souvenirs peut enrichir le processus créatif en mobilisant les expériences passées pour innover.

Résolution de problème et pensée critique

Le développement des technologies de l'information a radicalement transformé l'accès aux connaissances, offrant aux utilisateurs une possibilité inédite d'accéder à une immense base de données via internet. Cette facilité d'accès permet aux apprenants d'intégrer ces informations dans leurs processus d'apprentissage. Cependant, selon Arya et Nardon, la simple accumulation de données, en particulier par les utilisateurs moins expérimentés, ne garantit pas leur transformation en une compréhension approfondie et exploitable pour résoudre des problèmes complexes. Toujours selon les auteures, les utilisateurs ont tendance à accorder une confiance excessive aux données brutes, sans les soumettre à une analyse critique ni à une évaluation alternative. Cette approche conduit à une réflexion linéaire qui freine l'expérimentation et l'innovation. Par ailleurs, cette dépendance à la collecte d'informations pour résoudre des problèmes peut nuire au développement des compétences en résolution de problèmes et en pensée critique. Ces compétences sont indispensables tant pour résoudre des problèmes que pour les processus créatifs (ARYA et NARDON 2014).

Selon le psychologue Jean Piaget, l'apprentissage par l'expérience est essentiel au développement des compétences en résolution de problèmes (ARYA et NARDON 2014). Piaget a observé que les enfants utilisent leur corps et leurs expériences sensorielles pour comprendre le monde. Par exemple, en plaçant une pierre au sommet d'une déclivité, les enfants ont remarqué qu'elle roulait vers le bas. Cette expérimentation naturelle leur a permis de comprendre que les objets inanimés, comme la pierre, n'ont pas d'intention et descendent en raison de la gravité, contrairement aux êtres vivants (TURKLE 2011). Cette découverte a contribué à façonner leur perception du monde.

Fonctions visuo-spatiales et perception

Les innovations technologiques transforment les outils disponibles et influencent le traitement de l'information ainsi que les compétences visuo-spatiales nécessaires pour accomplir diverses tâches. En particulier, la transition vers des outils technologiques nécessite des ajustements dans les fonctions visuo-spatiales, impactant ainsi la manière dont les individus perçoivent et interagissent avec les objets et les espaces (CLIFTON et coll. 2016).

Les transformations liées aux technologies peuvent être illustrées par l'exemple des chauffeurs de taxi. Avant l'avènement des systèmes de positionnement global (GPS), les chauffeurs utilisaient des cartes physiques, les indications des clients ou leur propre expérience pour naviguer dans la ville. Ce processus nécessitait une mobilisation substantielle de la mémoire de travail, impliquant une évaluation constante des itinéraires et une orientation spatiale. Maintenant, en se fiant systématiquement au GPS, les chauffeurs risquent de perdre leur autonomie en navigation, car ils sont moins incités à développer et à maintenir une compréhension approfondie de leur environnement (CARR 2010). Autrefois, la conduite nécessitait une interaction active avec l'environnement

pour s’orienter. Aujourd’hui, avec l’automatisation accrue, la compétence en orientation est moins sollicitée et, par conséquent, se trouve réduite.

Créativité et flexibilité mentale

La créativité se nourrit de l’interaction avec des entités variées (PAUL 2021), notamment celles issues de contextes interdisciplinaires, favorisant ainsi la combinaison et l’hybridation de concepts provenant de divers domaines (HARTLEY et VISKONTAS 2023). L’émergence de l’intelligence artificielle ouvre l’accès à des outils de cocréation numérique, permettant aux concepteurs d’augmenter leurs compétences créatives et d’explorer de nouveaux concepts. Grâce à l’intelligence artificielle, les artistes et concepteurs peuvent interagir avec des plateformes IA pour enrichir leur processus créatif. Cependant, comme le soulignent Hartley et Viskontas (2023), cette technologie peut engendrer certaines problématiques, telles que la standardisation de la pensée. Bien que la machine soit fondamentalement différente de l’humain et apporte des perspectives variées, l’intelligence artificielle est conçue pour assister simultanément plusieurs utilisateurs et repose parfois sur des structures immuables. Par conséquent, les idées qu’elle propose peuvent manquer de créativité comparativement à une discussion avec des personnes issues de cultures et disciplines diverses.

Selon Carr, Il est également important de mentionner que l’environnement numérique peut influencer la créativité en incitant à se faire référencer ou à être visible sur internet. Avant l’avènement d’internet, un auteur écrivait et publiait un livre sans cette considération. Aujourd’hui, avec Google et les autres moteurs de recherche qui filtrent les informations en priorisant les passages jugés pertinents, les auteurs tendent à écrire dans le but d’être référencés, utilisant des termes stratégiques pour accroître leur visibilité. Cette contrainte peut conduire à la production d’une œuvre différente, marquée par une perte d’authenticité et une pensée plus linéaire (CARR 2010).

En outre, l’utilisation de l’intelligence artificielle facilite et accélère la création, entraînant une forte concurrence sur les marchés artistiques et réduisant la motivation des utilisateurs à investir du temps dans l’apprentissage de compétences, notamment en musique. La relation entre le musicien et son instrument lors de l’apprentissage établit une connexion émotionnelle et favorise l’émergence de processus créatifs, car le musicien réfléchit à la manière de transmettre des émotions aux auditeurs. Cette dynamique peut affaiblir la capacité d’une personne à surmonter des défis créatifs exigeants et à faire preuve de flexibilité mentale, renforçant ainsi la dépendance à l’IA au détriment des efforts personnels (HARTLEY et VISKONTAS 2023).

Par ailleurs, l’utilisation de l’intelligence artificielle dans le processus de création peut réduire l’engagement avec des outils manuels nécessaires pour établir une connexion sensorielle et émotionnelle qui stimule la créativité. Par exemple, un peintre en plein processus de création développe une relation intime et tactile avec ses outils, percevant les textures et les résistances, ce qui enrichit son expression artistique (HARTLEY et

VISKONTAS 2023). En revanche, la génération d'images par une plateforme d'intelligence artificielle telle que Midjourney ne peut conceptualiser des notions intrinsèquement humaines, telles que la mémoire, les pensées et les émotions (CLARKE 2022). La machine, n'ayant pas accès à ce type d'interaction sensorielle ni à une connexion émotionnelle, ne peut représenter fidèlement ces concepts. Néanmoins, l'intelligence artificielle reste un excellent outil, insensible aux facteurs comme le stress et performant dans diverses conditions, contrairement à l'humain qui peut subir des pressions impactant ses performances créatives : « But it's important to remember that a computer is a tool » (F. Hsu d'après HARTLEY et VISKONTAS 2023).

Carr souligne que l'usage des technologies modifie les circuits neuronaux : certains se renforcent, tandis que d'autres s'affaiblissent ou disparaissent, révélant ainsi le coût cognitif de l'adoption technologique. Bien que ces technologies facilitent l'accès à l'information et la communication, elles entraînent également des pertes et des compromis biologiques inconscients. McLuhan rappelle que, malgré ces inconvénients, les technologies offrent de nouvelles façons de réfléchir et d'innover, des aspects qu'il juge essentiel de préserver (CARR 2010).

3.2.4 Limitations technologiques

La technologie, bien qu'essentielle, présente des limitations qui affectent directement la perception des utilisateurs de leur environnement physique et numérique. La compression audio et visuelle, bien que nécessaire pour optimiser les données, ne parvient jamais à reproduire fidèlement la réalité. Cette limitation peut altérer la perception et l'interprétation de l'environnement par les utilisateurs (HENSON 2019). Par conséquent, la qualité de l'expérience dépend fortement des performances des appareils informatiques (ALZAYAT 2018). Ainsi, les contraintes technologiques, en altérant les informations sensorielles disponibles, réduisent l'accès à des données précises de l'environnement, ce qui modifie la perception des utilisateurs et entraîne une diminution des processus cognitifs.

Antonio Damasio, directeur du *Brain and Creativity Institute*, souligne que des émotions telles que l'empathie, importantes pour le processus créatif, émergent de processus neuronaux lents (CARR 2010). Carr ajoute que les distractions causées par les technologies modernes entravent le développement de ces émotions complexes et subtiles. Cette altération réduit la compréhension des expériences humaines et affaiblit la capacité à résoudre des problèmes complexes de manière créative. Dourish observe également que le modèle actuel favorise la performance des individus et des machines au détriment d'une expérience lente et authentique (DOURISH 2004).

En outre, les ordinateurs actuels favorisent une posture statique, obligeant les utilisateurs à rester assis face à l'écran et limitant ainsi leurs mouvements (DOURISH 2004). Le clavier et la souris sont encore les principaux dispositifs pour interagir avec l'environnement

numérique. En conséquence, l'expérience utilisateur avec un ordinateur traditionnel peut être restreinte dans sa capacité à refléter l'expérience sensorimotrice de l'environnement physique (CLIFTON et coll. 2016).

Les technologies récentes, telles que la réalité augmentée et la réalité virtuelle, intègrent davantage ces composantes. Cependant, il reste impossible d'incorporer tous les aspects sensoriels dans une expérience numérique via un casque de réalité virtuelle, tel que le goût, l'odorat, et la perception haptique³ (CARR 2010). Même ces équipements réduisent l'authenticité de l'interaction entre l'environnement numérique et physique. Les dispositifs technologiques, tels que les casques de réalité virtuelle et les dispositifs haptiques⁴, modifient la perception et l'interaction avec l'environnement en introduisant une couche d'intermédiation entre l'utilisateur et la réalité (DONATH 2020).

³ La perception haptique désigne la perception d'un objet qui résulte des mouvements actifs d'exploration de la main en contact avec celui-ci, provoquant une stimulation cutanée (OQLF 2020).

⁴ Un dispositif haptique est un système tactilo-kinesthésique, qu'il soit physique ou mécanique, conçu pour simuler et offrir des sensations tactiles à l'utilisateur dans un environnement numérique (WIKIPÉDIA 2024).

4 Dynamisme corporel : source de créativité

Il a été étudié que la technologie a profondément transformé les interactions avec le monde désormais divisé en deux environnements distincts, chacun nécessitant des interactions spécifiques. Cette analyse a permis d'identifier les gains et les pertes associés à l'utilisation des technologies intellectuelles modernes, mettant en lumière comment la cognition est incarnée et coconstruite avec le corps et l'environnement.

Cette section mettra l'accent sur le contexte des designers face à la dématérialisation, une situation qui les conduit souvent à rester statiques devant l'ordinateur. Comment le dynamisme corporel contribue-t-il aux processus créatifs ? Conformément à la théorie de la cognition incarnée, l'exploration portera sur la relation entre la créativité et l'expérience sensorimotrice, en adoptant la perspective de la créativité incarnée.

Les processus cognitifs influencés par le corps seront explorés, en mettant l'accent sur les interactions sensorimotrices et leur rôle dans la génération d'idées et de concepts. La théorie des métaphores conceptuelles sera également examinée, affirmant que les expériences corporelles enrichissent la pensée abstraite et favorisent l'innovation, illustrant comment des concepts complexes peuvent émerger de métaphores basées sur des expériences physiques (LAKOFF et JOHNSON 2003).

Enfin, l'impact de la limitation des mouvements, entraînant une immobilité corporelle, sur les performances créatives, sera examiné.

4.1 Créativité incarnée

La créativité incarnée est une théorie récente dérivée de la cognition incarnée. En raison de la complexité de la collecte de données quantitatives, cette théorie est encore peu étudiée (GRIFFITH 2021). La théorie de la créativité incarnée soutient que la créativité, qu'elle soit pratiquée à un niveau novice ou expert, ne résulte pas uniquement de processus cognitifs au sein du cerveau. Elle émerge plutôt d'une combinaison d'expériences passées de l'individu, de son corps et de sa composition, ainsi que de ses interactions avec l'environnement et les outils utilisés. Cette dynamique favorise l'émergence d'idées innovantes. La créativité incarnée repose sur des perceptions et des actions sensorimotrices, relationnelles, émotionnelles et esthétiques (THOMSON et JACQUE 2023). En d'autres termes, les processus créatifs, comme la cognition, dépendent d'un corps situé dans un environnement en temps réel.

La théorie de la créativité incarnée ne s'oppose pas à la créativité cognitive⁵, mais la complète en soulignant comment le corps contribue à la pensée créative (GRIFFITH 2021). Auparavant, la créativité était perçue comme une caractéristique innée présente, mais faible chez certaines personnes et plus forte chez d'autres. Aujourd'hui, les sciences cognitives reconnaissent que la créativité est une caractéristique humaine fondamentale pouvant se développer tout au long de la vie à différents niveaux, qu'il s'agisse de la créativité quotidienne ou professionnelle (IVCEVIC 2011). Cette évolution s'inscrit les quatre stades de la créativité selon le modèle des « quatre C » de la créativité de James C. Kaufman, du novice – *mini-C*, *little-C*, *Pro-C* et *Big-C* – à l'expert (KAUFMAN et BEGHETTO 2009).

Dans ce contexte, la théorie de la créativité incarnée souligne que la création artistique ne se limite pas à une activité cérébrale isolée. En effet, elle repose sur les expériences passées de l'artiste et se construit en interaction avec son environnement (GRIFFITH 2021). Pour les artistes et concepteurs, il est donc essentiel de comprendre comment leur corps interagit avec cet environnement. Selon cette théorie, la créativité émerge lorsque l'artiste, en l'occurrence le designer, travaille en interaction avec ses outils. Ces outils, comme mentionné dans les chapitres précédents, s'intègrent progressivement à son schéma cognitif à mesure qu'il les maîtrise, permettant ainsi l'émergence d'un spectre élargi d'idées créatives. Comme l'ont expliqué Van der Schyff et coll. : « [...] when needed, tools and objects from the environment can become integrative parts of mental life and the creative processes that go along with it » (GRIFFITH 2021 : 4).

4.2 Processus créatif

Nigel Cross et Donald Schön soutiennent que l'innovation émerge d'un engagement du designer, souvent soutenu par une motivation personnelle persistante. Selon eux, les designers font preuve de courage et n'hésitent pas à prendre des risques, même en acceptant l'échec lorsqu'il survient, car ils sont poussés par le désir d'innover. Cross souligne que la créativité requiert un effort considérable pour développer, évaluer et affiner les solutions. Il exprime cette idée en affirmant : « [...] creativity is still 1 % inspiration and 99 % perspiration » (CROSS 2023 : 82). Le processus créatif ne se limite donc pas simplement à l'apparition spontanée d'un concept innovant ; le designer doit travailler dur mentalement et physiquement pour faire émerger l'idée. Donald Schön le caractérise ainsi : « [...] as a reflective conversation with the situation » (CROSS 2023 : 89). L'acte de concevoir consiste à transformer un modèle existant en une solution nouvelle et mieux adaptée à la problématique.

⁵ Dans les approches traditionnelles, la créativité cognitive est exclusivement définie par les processus mentaux impliqués dans la génération d'idées (FINKE 1992).

Cross détaille le processus créatif en plusieurs étapes méthodiques. En premier lieu, le designer entreprend une exploration approfondie de la problématique pour identifier les éléments structurels qui présentent des lacunes, qui sont sous-développés ou mal adaptés à leur fonction. Cette étape inclut une analyse minutieuse du contexte, une recherche documentaire exhaustive, ainsi qu’une observation attentive des utilisateurs finaux et de leurs interactions avec le produit ou le système. Ensuite, le designer délimite son champ d’intervention en intégrant ses intérêts personnels, ce qui permet de formuler un concept de solution adapté aux critères nécessaires. À ce stade, le designer s’appuie sur ses expériences passées et explore son environnement. Ce processus dynamique implique une interaction entre le corps, l’environnement et le mental. Le designer mobilise ses émotions et fait appel à l’empathie pour comprendre en profondeur les besoins des utilisateurs et concevoir des solutions innovantes. Une fois le concept établi, le designer se concentre sur son développement afin de satisfaire les exigences définies. Cette phase comprend des itérations de prototypage et de tests. Le designer recueille les retours d’expérience, ajuste et optimise la solution en tenant compte des besoins des utilisateurs ainsi que des contraintes techniques et économiques, jusqu’à obtenir le concept final (CROSS 2023).

4.3 Métaphore conceptuelle

Les designers emploient fréquemment des métaphores pour stimuler à la fois la pensée divergente, c’est-à-dire la génération d’idées, et la pensée convergente, c’est-à-dire l’analyse des meilleures solutions pour résoudre un problème (HOWARD 2013). Le corps joue un rôle actif dans le processus cognitif, particulièrement dans les contextes créatifs et analytiques. Par exemple, les métaphores suivantes peuvent être employées : le site web doit être « clé en main » – lorsqu’un utilisateur accède au site, il doit avoir l’impression d’entrer dans un lieu, comme s’il franchissait « le seuil d’une maison ». La page d’accueil est ainsi comparée à un « hall d’entrée » – qui accueille et guide l’utilisateur vers les sections nécessaires. La barre de navigation est perçue comme des « couloirs » – facilitant la navigation de l’utilisateur pour trouver des informations pertinentes – les différentes sections du site sont assimilées comme étant « des pièces de la maison », créant une ambiance générale cohérente. Pour être pleinement efficaces, ces métaphores doivent être vécues à travers des expériences sensorimotrices (STANCIU 2015).

Lakoff et Johnson ont mis en évidence que les métaphores sont omniprésentes dans la vie quotidienne, notamment dans l’action et l’expérience corporelle. Divers types de métaphores existent, mais celles pertinentes pour le dynamisme corporel dans le processus créatif sont les « métaphores d’orientation ». Ils soulignent que la majorité de ces métaphores sont liées à l’orientation spatiale, en rapport avec la « proprioception », qui permet de se situer dans l’environnement physique (LAKOFF et JOHNSON 2003).

Cette capacité proprioceptive, en tant qu’expérience sensorielle, influence la conceptualisation des idées. Par exemple, le mot « bonheur » est souvent associé à une

« direction ascendante », comme « atteindre le sommet » ou « sauter de joie ». Le bonheur est ainsi lié à l'action de monter, contrairement à la « tristesse », qui évoque un dos courbé, orienté vers le bas. Ces orientations métaphoriques découlent directement de l'expérience corporelle ; instinctivement, le corps adopte des postures ou engage des actions ascendantes ou descendantes en fonction de l'état émotionnel. Les métaphores d'orientation sont largement universelles à travers les cultures, bien qu'il puisse exister quelques variations (LAKOFF et JOHNSON 2003).

Selon Heine, cette universalité est liée à l'expérience humaine. Le corps humain, en tant que source de relations spatiales, génère des concepts universels tel que « haut », « bas », « avant » et « arrière » (KÖVECSES 2005). Toutefois, certaines orientations peuvent différer selon les cultures ; comme le notent Thomson et Jaque, en Amérique, l'avant est associé à l'avenir, tandis que pour certaines cultures asiatiques, il se situe à l'arrière (THOMSON et JACQUE 2022).

Les auteurs soulignent également qu'une métaphore ne peut être comprise indépendamment de son « expérience incarnée ». Par exemple, l'expression « le temps, c'est de l'argent » acquiert tout son sens à travers l'expérience commune de travailler pour obtenir une rémunération. Cette métaphore illustre la valeur économique du temps en le présentant comme une ressource précieuse. De même, les métaphores temporelles reflètent cette corrélation : le « futur » est souvent associé à l'action d'« aller de l'avant » en raison de l'orientation naturelle des yeux pendant le déplacement, tandis que le « passé » est perçu comme un retour en arrière (LAKOFF et JOHNSON 2003).

Les métaphores de ce type aident les designers en leur fournissant un ancrage basé sur leurs expériences passées. Elles facilitent l'innovation et l'adaptation des solutions aux besoins des utilisateurs, en utilisant des références familières. En intégrant des expériences sensorimotrices partagées, les concepteurs créent des designs intuitifs et alignés aux attentes du public cible.

4.4 Statisme

Avec l'essor de la technologie et la dématérialisation des objets dans le nouvel environnement numérique, l'utilisation des ordinateurs est devenue essentielle pour exploiter de nouvelles opportunités professionnelles en design. Certaines méthodes de travail, comme les cartes IDEO (IDEO 2024), encouragent l'intégration de processus créatifs variés en complément des outils numériques pour le développement et le test des concepts. Cependant, les longues périodes de sédentarité restent un défi, notamment lors de la recherche préliminaire, du *brainstorming*, de la réalisation de croquis et de la modélisation.

Les designers doivent mobiliser des fonctions exécutives telles que la flexibilité mentale et l'inhibition. Ces capacités sont essentielles au processus créatif, facilitant le passage rapide

entre diverses idées et leur tri efficace (BOTELLA et coll. 2023). Cependant, la diminution de l'expérience sensorimotrice et la restriction des mouvements peuvent altérer ces processus cognitifs, affectant les états émotionnels des designers et entraînant des problèmes musculosquelettiques dus à une position statique prolongée (HANNA et coll. 2023). Le processus créatif des designers est intrinsèquement lié à l'intégration sensorimotrice ; ainsi, la sédentarité limite les expériences motrices et les interactions physiques avec l'environnement, réduisant la richesse des stimuli sensoriels disponibles.

La dématérialisation des objets, c'est-à-dire leur transfert dans l'espace virtuel, engendre un comportement sédentaire, limitant ainsi le plein potentiel créatif en réduisant la richesse sensorielle des interactions. Ce phénomène exacerbe la diminution de la diversité sensorielle, car les designers se retrouvent souvent confinés à l'utilisation prédominante du clavier, de la souris, du stylet connecté à une tablette et de la tactilité de l'écran. Par conséquent, ils ne tirent pas pleinement parti des stimulations sensorielles que l'environnement physique peut offrir. La posture assise et statique associée à la sédentarité ne favorise pas la diversité des interactions potentielles pour stimuler la créativité. En effet, ce comportement est lié à une diminution des fonctions cognitives telles que l'intelligence fluide, la mémoire à court terme et les fonctions exécutives (PINDUS et coll. 2022).

Il apparaît donc que pour maximiser le potentiel créatif, il est essentiel de prendre en compte le contexte technologique, devenu indispensable dans la société actuelle, tout en prêtant une attention particulière aux interactions physiques du corps avec l'environnement. Afin d'optimiser le potentiel créatif, il est impératif de penser à des stratégies qui adaptent les technologies aux besoins corporels plutôt que d'exiger que le corps s'adapte aux technologies. En effet, pour réduire le comportement sédentaire en réintégrant le corps dans une interaction incarnée avec son environnement, il est pertinent de repenser l'environnement de travail du designer afin d'intégrer les technologies de façon à soutenir l'environnement physique plutôt que numérique. Ceci permettrait de retrouver une dimension physique et dynamique de l'environnement de travail qui a été perdu lors de la dématérialisation.

5 Contribution : technologies adaptées

À la lumière des recherches présentées dans les chapitres précédents, afin d'optimiser la créativité, il devient nécessaire de réintégrer le corps dans la pratique du design face à la dématérialisation croissante. Aujourd'hui, les designers se trouvent confrontés à une interaction limitée, soulevant des questions sur l'impact que cette situation a sur la créativité et l'engagement corporel.

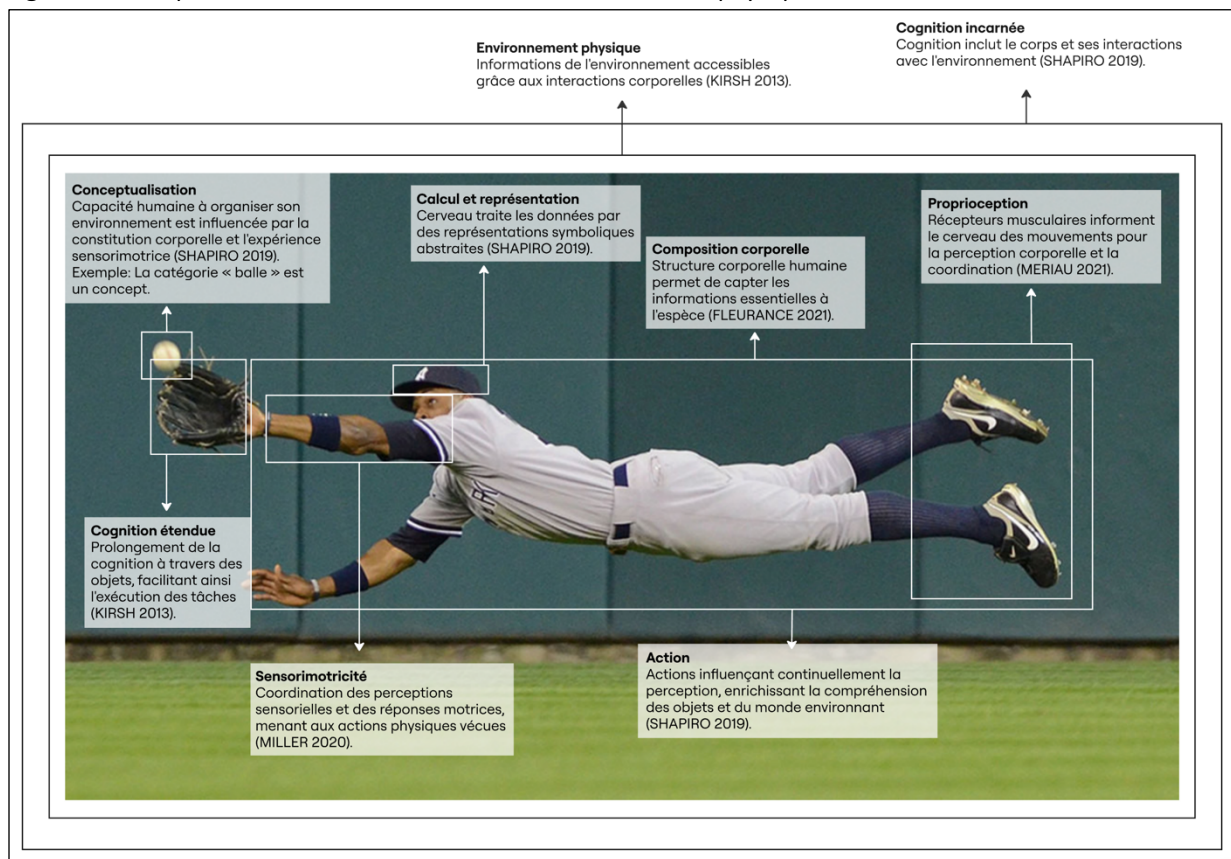
Dans ce chapitre, les propositions qui suivront se distingueront des technologies conventionnelles actuelles, telles que l'Apple Watch conçue pour encourager l'activité physique. Bien que ce type de dispositif favorise la mobilité, il perturbe l'interaction incarnée. En effet, des technologies comme l'Apple Watch envoient des notifications, ce qui peut interrompre une tâche et donc peut fragmenter l'attention et perturber le flux créatif. De même, les tapis roulants associés aux bureaux électriques, bien qu'ils encouragent le mouvement, limitent paradoxalement la liberté de déplacement en contraignant l'utilisateur à rester dans un cadre fixe, ce qui restreint l'expérience corporelle. À l'inverse, les approches proposées chercheront à optimiser l'intégration somatique du corps dans le processus créatif afin de maximiser l'expérience sensorielle, essentielle à la créativité.

5.1 Retour théorique

Chapitre 2 : Corps et cognition : perspectives incarnées

Pour offrir une perspective claire et concrète des concepts abordés précédemment, les thèmes principaux sont récapitulés à travers trois exemples liés au baseball. La figure 6, la première présentée, illustre une situation dans l'environnement physique, mettant en lumière le rôle actif du corps dans la cognition.

Figure 6 – Attraper une balle de baseball dans un environnement physique



Adaptée de JUSSIM (2018)

Pour saisir la balle, le joueur utilise son gant comme une extension de sa main, ce qui lui offre une surface de prise élargie et à haute adhérence, facilitant ainsi la capture. Il coordonne ses actions avec précision en fonction des informations visuelles qu'il intègre en continu, ses yeux analysant les détails de l'environnement physique. La proprioception permet au joueur de maintenir une conscience constante de la position de ses membres et de sa posture, ce qui lui permet d'ajuster ses mouvements en temps réel en fonction de la trajectoire de la balle. Ces données, combinées à la perception visuelle, optimisent la position de son corps et de son gant pour assurer une saisie précise de la balle.

Chapitre 3 : Dématérialisation : l'impact des perturbations sensorielles

La figure 7 présente un individu capturant une balle de baseball dans un environnement numérique. Bien que le résultat final imite une expérience physique réelle, l'interaction pour saisir la balle diffère, entraînant des altérations cognitives et une réduction de la perception sensorielle de l'environnement physique, propre au terrain de baseball.

Figure 7 – Attraper une balle de baseball dans un environnement numérique



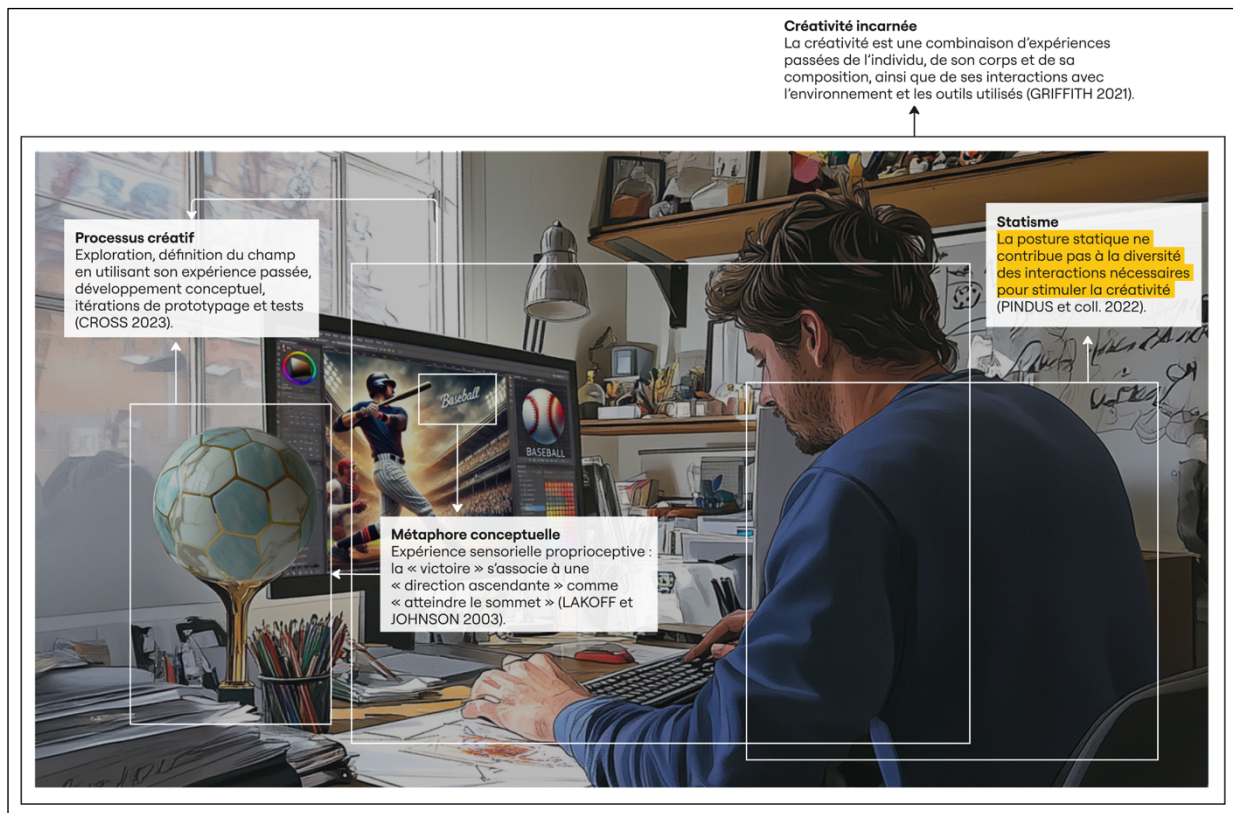
Réalisée avec l'aide de CHAT GPT 2024

Pour saisir la balle, le joueur de jeu vidéo doit synchroniser ses mouvements digitaux en pressant les touches spécifiques correspondant à la séquence d'action nécessaire pour l'attraper. Cette coordination exige un alignement précis entre l'exécution des commandes manuelles et la représentation virtuelle de l'action, reproduisant ainsi les gestes de capture dans un environnement numérique sans toutefois les expérimenter selon les pratiques conventionnelles.

Chapitre 4 : Statisme et Créativité

La figure 8 illustre un designer graphique engagé dans la conception d'une affiche de baseball. Ce processus créatif repose sur l'alternance entre idées divergentes et convergentes, permettant au designer d'explorer diverses perspectives. Pour générer des idées divergentes, le designer puise dans ses expériences personnelles. Par exemple, ayant remporté un match de sport durant sa jeunesse, il associe la notion de victoire à une direction ascendante, symbolisée par un saut de joie. Ce souvenir l'inspire à incliner le mot « baseball » vers le haut sur l'affiche, traduisant ainsi visuellement son interprétation du succès. Le processus créatif du designer intègre une interaction dynamique entre son corps et son environnement.

Figure 8 – Conception d'une affiche de baseball



Réalisée avec l'aide de CHAT GPT et MIDJOURNEY 2024

Cependant, la posture statique dans laquelle le designer se trouve, assis devant son écran, limite ses expériences sensorielles. Cette immobilité restreint la diversité des stimuli corporels et visuels qu'il peut percevoir, réduisant ainsi sa capacité à intégrer pleinement les informations provenant de son environnement physique. Par conséquent, il ne tire pas pleinement parti du potentiel sensoriel susceptible d'enrichir sa créativité.

5.2 Appuie technologique

Dans cette section, trois pistes conceptuelles seront proposées pour intégrer la technologie dans le processus créatif en tant que soutien au corps, offrant ainsi au designer une liberté de mouvement accrue. Les deux premières propositions se concentrent sur des solutions réalisables dans un contexte technologique à court et moyen terme, visant à optimiser les outils actuels pour un usage immédiat dans les environnements de travail. La troisième proposition, en revanche, présente une vision audacieuse d'une société futuriste où les technologies émergentes transforment radicalement l'expérience corporelle et créative.

5.2.1 Convergence des environnements

Le chevauchement des espaces physiques et numériques dans le processus de conception entraîne fréquemment des tâches redondantes, telles que la retranscription des travaux réalisés dans l'environnement physique vers l'ordinateur. Ce problème est particulièrement évident lorsque les designers doivent transférer manuellement leurs créations, comme un diagramme d'affinité, dans des outils collaboratifs en ligne tels que Miro pour poursuivre leur travail dans l'environnement numérique.

Pour atténuer cette redondance, la première proposition suggère d'équiper l'ordinateur d'une caméra arrière capable de capturer en temps réel les activités du designer lorsqu'il travaille directement au mur. Actuellement, cette retranscription manuelle constitue une étape nécessaire, mais laborieuse. En intégrant une technologie de caméra à une intelligence artificielle, l'ordinateur pourrait directement capturer et numériser les éléments manipulés sur le mur. L'IA traiterait les images en temps réel, permettant une transcription instantanée et précise du travail en cours.

Une approche plus dispendieuse pourrait consister en l'intégration renforcée des murs intelligents (*Smart Board*) connectés aux ordinateurs des designers dans les environnements de travail. Cette technologie, déjà existante, pourrait être combinée avec un stylet conçu pour simuler les textures des objets numériques sélectionnés, ajoutant ainsi une dimension sensorielle.

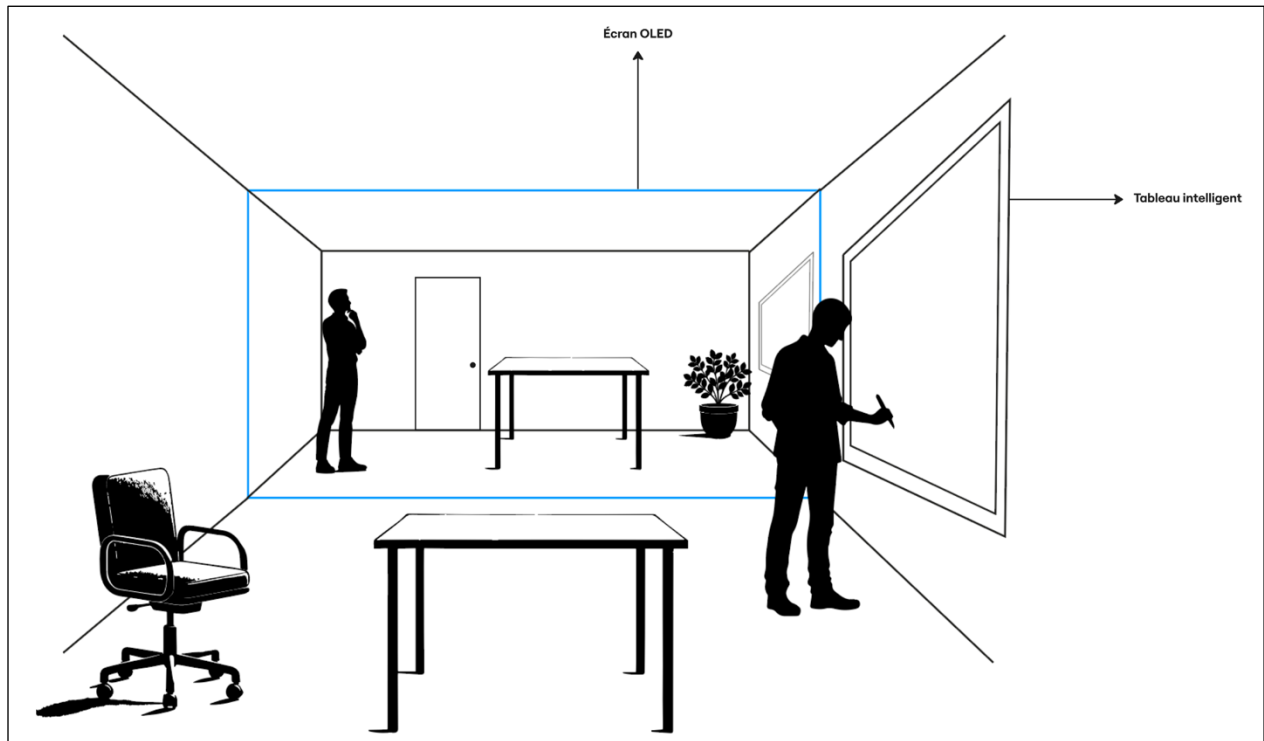
En réduisant les tâches redondantes et en améliorant l'expérience utilisateur, ces propositions contribueraient à une fluidité accrue entre les espaces physiques et numériques, renforçant ainsi l'efficacité de la technologie pour soutenir l'expérience sensorielle à travers des interactions incarnées avec les outils.

5.2.2 Portail créatif

Dans la continuité de la première proposition, la deuxième proposition met l'accent sur l'optimisation du travail à distance, notamment pour les collaborations entre collègues, grâce à l'intégration de panneaux d'affichage modulaires sur des surfaces murales, créant

un véritable portail. Ces panneaux, équipés de technologies d’affichage avancées telles que les diodes électroluminescentes organiques (*OLED*) (SMITH et coll. 2014), permettent de diffuser en temps réel les activités et interactions des collègues directement au mur dépassant ainsi les limitations de l’écran d’ordinateur traditionnel qui ne peut capter les informations situées en dehors du champ de vision de la caméra (DONATH 2020).

Figure 9 – Salle de travail collaborative intelligente



Réalisée avec l’aide de CHAT GPT 2024

Les bureaux sont équipés de tableaux intelligents intégrés au mur, permettant aux collègues de visualiser en temps réel ce que l’autre écrit. Cette synchronisation assure une continuité du travail en cours, facilitant la cocréation et l’échange d’idées, tout en recréant l’expérience d’une réunion physique autour d’un tableau blanc. Cette proposition favorise une intégration fluide entre l’environnement physique et l’espace numérique, offrant une expérience collaborative similaire à celle d’un bureau partagé. Contrairement aux systèmes de réalité virtuelle, qui nécessitent des casques VR ou d’autres dispositifs immersifs complexes, cette approche repose sur des écrans flexibles et adaptatifs, éliminant ainsi le besoin de revêtir un équipement.

5.2.3 Atelier créatif augmenté

La troisième proposition se concentre sur la transformation de l’atelier de travail des designers en un espace hybride, où la réalité virtuelle fusionne les outils numériques avec

l'environnement physique. Des applications telles qu'Adobe Illustrator, traditionnellement limitées à l'écran, sont envisagées sous forme d'objets virtuellement tangibles dans l'atelier.

Cette approche immersive, intégrant des composantes sensorielles et visuelles, renforce l'interaction entre le designer et ses outils, rendant le processus créatif réactif, fluide et en lien étroit avec la dynamique corporelle. L'expérience de conception devient ainsi intuitive et en adéquation avec les capacités physiologiques du designer, créant une synergie optimale entre le corps et la technologie.

La suite du développement du concept approfondit les modalités par lesquelles certains outils numériques peuvent prendre une forme tangible, tout en restant virtuels, au sein de l'environnement physique. Le développement du concept explore la conception de ces outils, bien qu'ancrés dans un espace numérique, comme possédant des propriétés physiques telles que le volume et la masse afin d'augmenter l'expérience de leur utilisation. Cette approche fusionne le monde virtuel avec des éléments de la réalité tangible, créant une interface intuitive et immersive.

Figure 10 – L'atelier du designer



Réalisée avec l'aide de CHAT GPT, MIDJOURNEY et MIRO 2024

Équipements

Lunette : Les technologies immersives, telles que les Apple Vision Pro, reflètent une tendance marquée vers une miniaturisation avancée. Par exemple, les lunettes intelligentes pourraient évoluer pour prendre la forme d'une bande couvrant les yeux, fixée de chaque côté de la tête au niveau des tempes. Des capteurs et caméras intégrés dans ces zones fourniraient une vue périphérique étendue de l'environnement.

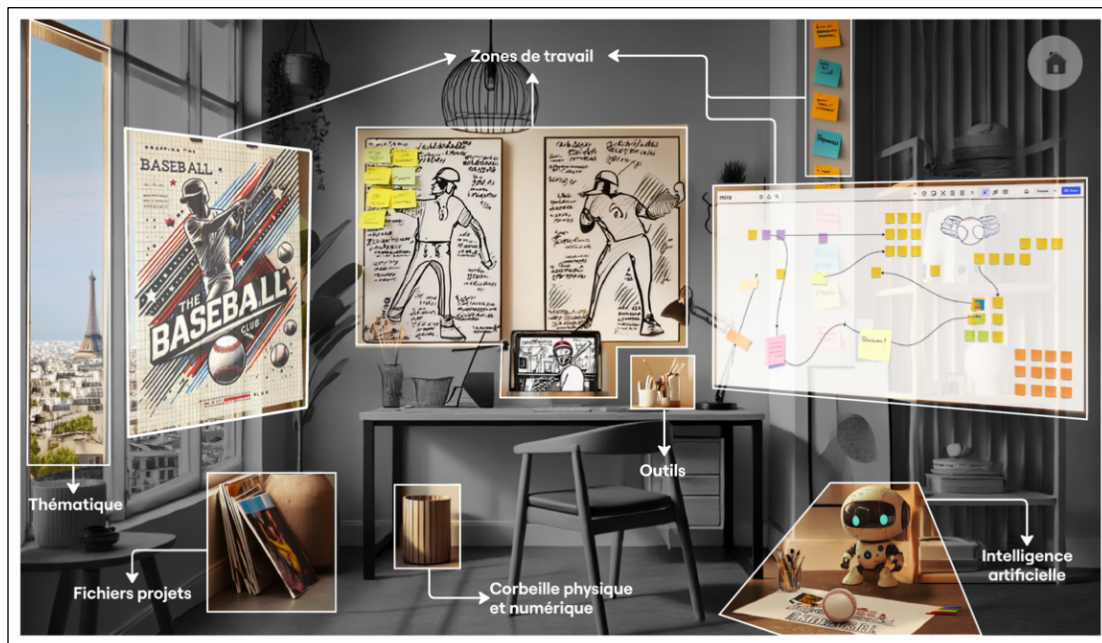
Bracelet : Un dispositif comme le bracelet EMG développé par Meta (META 2021) pourrait être revêtu par le designer. Ce dispositif capterait les signaux électriques des muscles de l'avant-bras pour interpréter les gestes effectués avec la main. Cette technologie, déjà présente dans des appareils tels que l'Apple Watch, permettrait de contrôler l'environnement numérique par de simples mouvements. Par exemple, certains gestes pourraient servir à des actions courantes, telles qu'annuler ou rétablir des modifications

avec les commandes « cmd + z » et « cmd + shift + z ». De plus, le bracelet pourrait être équipé de capteurs haptiques connectés à des bagues positionnées sur les phalanges proximales. Ces capteurs offriraient une rétroaction tactile, permettant aux utilisateurs de manipuler des objets virtuels avec une sensation de matérialité, simulant ainsi une interaction physique avec des éléments numériques. Cette technologie s'inspire du concept nommé vARitouch (VEGA et coll. 2024).

Audio : Pour l'audio, l'utilisateur pourrait choisir entre un système de son spatial 3D intégré dans la pièce, offrant une immersion totale, ou des écouteurs personnels permettant une expérience audio adaptée à ses préférences.

Capteurs de mouvements : L'intégration de capteurs de profondeur permettrait un suivi en temps réel des déplacements de l'utilisateur, assurant une prévention proactive des risques de collisions et de blessures. Par exemple, lorsque l'utilisateur s'approche des parois de l'espace, l'immersion numérique ajusterait progressivement la vue pour révéler l'environnement physique réel, signalant ainsi la proximité des limites de la pièce. Ce mécanisme serait particulièrement important lorsque l'utilisateur sélectionne un thème différent de son environnement de travail initial, ce qui pourrait altérer la perception des contours de sa pièce physique.

Figure 11 – Fonctionnalités de l'atelier augmenté



Réalisée avec l'aide de CHAT GPT, MIDJOURNEY et MIRO 2024

Outils

Pinceau : Un pinceau numérique se matérialise dans l'espace virtuel sous la forme d'un pot de pinceaux physiques, permettant au designer de choisir l'outil correspondant à l'effet recherché. La taille et la dureté du pinceau sont ensuite contrôlées via le bracelet intelligent qui reconnaît les gestes du designer. Les ajustements s'effectuent en temps réel et s'affichent instantanément dans l'environnement de travail, avec des informations précises, telles que le pourcentage exact de la taille du pinceau, pour une gestion optimisée.

Plume : D'autres outils numériques, comme la plume, sont conçus pour être à la fois esthétiques et fonctionnels. Le designer utilise cette plume comme un crayon, avec des panneaux de contrôle virtuels disposés selon ses préférences dans l'espace. L'utilisateur peut afficher les points d'ancrage et les ajuster manuellement pour les positionner avec précision.

Recherche typographique : Plutôt que de rechercher des typographies via une interface web, la sélection pourrait se faire en feuilletant des livres interactifs tels qu'Adobe Fonts ou Google Fonts. Les livres interactifs virtuels permettraient de rechercher une police spécifique grâce à une barre de recherche située à proximité du livre.

Modélisation 3D : Avec l'outil de création Blender, l'utilisateur pourrait ajuster la taille de l'objet sculpté directement dans l'environnement immersif, s'inspirant de la technologie du jeu Dreams (NEBELONG 2020). Les outils de modélisation, positionnés de manière stratégique, combineraient des commandes traditionnelles avec une interaction physique immersive, offrant ainsi une expérience fluide et intuitive. La superposition de l'environnement physique et numérique fournirait une expérience sensorielle proche de la sculpture traditionnelle, tout en exploitant les vastes possibilités offertes par la plateforme de modélisation. Les designers pourraient ainsi créer des œuvres complexes, ressentant la matérialité de leurs créations et enrichissant le processus de création en fusionnant le monde réel et virtuel.

Assistant de travail intelligent : L'intelligence artificielle, intégrée comme assistant de travail intelligent dans l'atelier augmenté, agit comme un collègue robotisé, collaborant en temps réel pour synchroniser les tâches demandées par le designer. Elle génère également des idées, approfondit des sujets en réponse aux commandes vocales, manipule des objets, ou affiche des visuels pour illustrer et enrichir ses explications au designer.

Thématique

Les designers peuvent configurer leur environnement de travail en sélectionnant un thème parmi une large gamme de choix personnalisables. Pour une atmosphère différente, l'utilisateur peut opter pour un thème parisien tout en conservant l'agencement de son atelier. Au-delà d'une simple fenêtre virtuelle, les murs peuvent projeter une vue à 360 degrés de l'environnement choisi, offrant ainsi une immersion complète. Cette configuration immersive peut être complétée par une brise légère générée par des

ventilateurs discrets, ainsi que par des paramètres ajustables comme l'odeur de viennoiserie et de café, le bruit de fond, et la température ambiante, recréant fidèlement l'atmosphère parisienne. Si l'utilisateur ajoute de la musique, le système ajuste automatiquement le volume des sons urbains, ou bien l'utilisateur peut choisir de régler manuellement chaque élément sonore pour créer une ambiance parfaitement adaptée à ses besoins.

Figure 12 – Bureau augmenté « sur un toit à Paris »



Réalisée avec l'aide de CHAT GPT 2024

Rencontre formelle

Pour les réunions formelles, comme les entretiens avec un employeur, il est possible de configurer un environnement de travail adapté. Par exemple, lorsqu'une personne se trouve dans son atelier et accepte une invitation en présentiel, son espace peut être transformé en une salle de conférence virtuelle, intégrant les deux environnements physiques. Certains éléments, tels que des meubles, peuvent être masqués pour l'employeur tout en restant visibles pour l'utilisateur, permettant ainsi de personnaliser l'espace tout en créant un cadre commun.

Cependant, des pertes d'information peuvent se produire. Par exemple, des interruptions dans l'espace physique, comme un collègue frappant à la porte de l'employeur, peuvent détourner son attention. Pour atténuer ces perturbations, il est possible de détecter la présence de personnes extérieures à l'environnement augmenté, même si elles ne sont pas connectées à l'environnement partagé, et de partager leur image avec les participants, améliorant ainsi la communication et la compréhension du contexte physique.

Optimisation du travail d'équipe

Pour améliorer la collaboration à distance, les utilisateurs peuvent utiliser une fonctionnalité qui transforme un mur de leur espace en une fenêtre virtuelle affichant le bureau de leur collègue, inspirée de la deuxième proposition illustrée par la figure 9. Cette solution permet à chaque collaborateur de rester dans son propre environnement tout en simulant une expérience de co-présence semblable à celle des bureaux physiques. Étant donné les différentes configurations de bureaux, une superposition parfaite n'est pas possible. Ainsi, la fenêtre virtuelle étend le bureau de chaque utilisateur dans l'espace de l'autre, facilitant la collaboration et la communication.

Équipe locale : Pour optimiser la collaboration en milieu de bureau, des espaces équipés de mobilier tels que tables, étagères et chaises peuvent être aménagés. Bien que ces espaces soient simples d'un point de vue esthétique et physique, la réalité augmentée les transforme en environnements dynamiques.

Figure 13 – Mise en contexte d'une conception en réalité augmentée

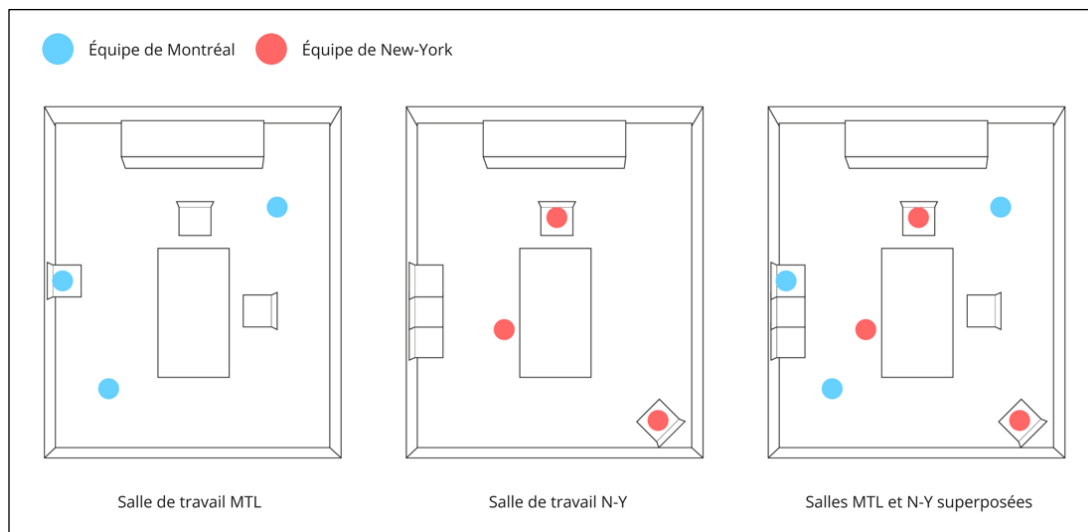


Réalisée avec l'aide de CHAT GPT 2024

Équipe internationale : Les utilisateurs peuvent évoluer dans ces espaces tout en accédant à leurs outils numériques, permettant une interaction fluide avec les éléments virtuels. Chaque membre de l'équipe peut se déplacer dans cet environnement, voir ses collègues en temps réel et utiliser les mêmes outils numériques pour collaborer efficacement.

Des salles de dimensions identiques, avec des objets disposés aux mêmes emplacements, peuvent être aménagées pour les équipes internationales. Les chaises, en tant qu'éléments mobiles, permettent une flexibilité dans la reconfiguration de l'espace, permettant ainsi aux équipes situées dans différentes régions du monde de superposer leurs environnements et de simuler un espace partagé.

Figure 14 – Superposition des espaces de travail dans un environnement numérique



Bien que cette proposition ne prétende pas aborder l'intégralité des enjeux techniques liés à l'intégration du corps dans le processus créatif, ni même les questions éthiques associées, elle ouvre la voie à des réflexions sur des solutions permettant d'incorporer davantage le corps dans la créativité tout en préservant les avantages technologiques. Une des principales limitations réside dans la nécessité de maintenir un équilibre entre les interactions physiques et numériques : il est essentiel de permettre aux designers de choisir librement entre utiliser un ordinateur traditionnel ou interagir directement avec l'espace, sans compromettre les bénéfices technologiques ni la richesse des interactions entre le corps et l'environnement.

6 Conclusion

L'analyse précédente a mis en lumière l'importance du corps dans le processus cognitif, en explorant comment la biologie corporelle, la cinétique et l'utilisation d'outils influencent l'accès à l'information environnementale et la perception individuelle. L'avènement des technologies informatiques a certes élargi les capacités humaines, mais a également diminué l'expérience sensorielle dans les interactions humain-objet et humain-environnement. Cela illustre comment la technologie peut simultanément renforcer et affaiblir certaines aptitudes.

La recherche a révélé que la créativité repose sur une action incarnée, reliant étroitement le corps, l'environnement et les outils, tout en exploitant les expériences sensorimotrices passées pour générer des concepts innovants. Cependant, la dématérialisation numérique a entraîné une perte sensorielle, réduisant la richesse des échanges informationnels et engendrant une position statique du corps, ce qui limite l'interaction physique avec l'environnement. Bien que les technologies numériques offrent des possibilités remarquables, elles tendent à diminuer les interactions fondamentales avec ces ressources informationnelles.

Or, bien que ces changements n'empêchent pas l'innovation, ils réduisent néanmoins une partie du potentiel créatif latent, qui pourrait enrichir le processus créatif. Par conséquent, certaines ressources essentielles à l'émergence d'idées novatrices se trouvent perdues, limitant ainsi l'exploitation complète du potentiel créatif lié au dynamisme corporel. Ces recherches ont conduit à une réflexion sur la réintégration de l'expérience sensorielle dans le processus créatif, en suggérant des concepts de technologies visant à valoriser cette expérience, tout en atténuant les effets négatifs de la dématérialisation et de la sédentarité.

En conclusion, cet essai a exploré le rôle du corps dans le design et les modalités par lesquelles les technologies peuvent s'adapter à la physiologie humaine, favorisant des mouvements en harmonie avec la nature physique du corps. Il serait pertinent d'étendre cette réflexion à d'autres disciplines, comme le théâtre, où le corps est utilisé comme un outil créatif. En s'inspirant des techniques théâtrales pour explorer le potentiel expressif du corps, les designers pourraient développer davantage leur capacité à exploiter l'incarnation, enrichissant ainsi leur processus créatif et élargissant les horizons du design.

Bibliographie

- ALSMITH, A. J. T. et VIGNEMONT, F. (2012). « Embodying the Mind and Representing the Body », *Review of Philosophy and Psychology*, 3(1), 1-13.
- ALZAYAT, A. (2018). *Measuring Tool Embodiment in Ready-to-Hand and Unready-to-Hand Situations Using Virtual and Physical Tools*, thèse de doctorat, University of Waterloo, 124 p.
- ANDRIEU, B. (2002). « Le corps pensant. Mouvement épistémologique de la philosophie dans la biologie 1950-2000 », *Revue internationale de philosophie*, 222(4), 557-582.
- ARYA, A. et NARDON, L. (2014). « Google it: Critical Thinking and Problem Solving in the Internet Age », *Proceedings of the 6th International Conference on Education and New Learning Technologies*, 4166-4173.
- BABER, C. (2022). *Embodying Design: An Applied Science of Radical Embodied Cognition*, The MIT Press, 212 p.
- BAILEY, D. P. (2021). « Sedentary behaviour in the workplace: prevalence, health implications and interventions », *British Medical Bulletin*, 137(1), 42-50.
- BAYNE, T., BRAINARD, D., BYRNE, R. W., CHITTKA, L., CLAYTON, N., HEYES, C., MATHER, J., ÖLVECKZY, B., SHADLEN, M., SUDDENDORF, T. et WEBB, B. (2019). « What is cognition? », *Current Biology*, 29(13), 608-615.
- BENOÎT, J. M. (2008). « How the Body Shapes the Mind Shaun Gallagher Oxford, Oxford University Press, 2005, 284 p. », *Dialogue: Canadian Philosophical Review*, 47(1), 199-202.
- BOTELLA, M., PICHOT, N., VOLLE, E., CASSOTTI, M., LUBART, T. et BONNARDEL, N. (2023). « Créativité et cognition », dans Bonnardel, N., Girandola, F., Bonetto, É. et Lubart, T. (dir.), *La créativité en situations : Théories et applications*, Dunod, 70-85.
- BRYNJOLFSSON, E. et MCAFEE, A. (2014). *The second machine age: Work progress and prosperity in a time of brilliant technologies*, W. W. Norton & Company, 336 p.
- CARR, N. (2010). *The Shallows: What the Internet Is Doing to Our Brains*, W. W. Norton & Company, 280 p.
- CHAMERO, A. (2013), « Radical Embodied Cognitive Science », *Review of General Psychology*, 17(2), 123-242.
- CHARLTON, W. (2016). *Aesthetics: An Introduction*, Routledge, 140 p.
- CHERRY, K. (2022). « Understanding the Psychology of Creativity », *Verywell Mind*, 25 mai, [verywellmind.com/what-is-creativity-p2-3986725](https://www.verywellmind.com/what-is-creativity-p2-3986725).
- CLARK, A. et CHALMERS, D. (1998). « The Extended Mind », *Analysis*, 58(1), 7-19.
- CLARKE, L. (2022). « When AI can make art – what does it mean for creativity? », *The Guardian*, 12 novembre, theguardian.com/technology/2022/nov/12/when-ai-can-make-art-what-does-it-mean-for-creativity-dall-e-midjourney.
- CLIFTON, P., CHANG, J. S. K., YEBOAH, G., DOUCETTE, A., CHANDRAEKHARAN, S., NITSCHKE, M., WELSH, T. N. et MAZALEK, A. (2016). « Design of embodied interfaces for engaging spatial cognition », *Cognitive Research: Principles and Implications*, 1(24), 1-15.
- CORNSWEET, T. N. (1970). *Visual perception*, Academic Press, 492 p.
- CRAIK, F. I. M. (2014). « Effects of distraction on memory and cognition: A commentary », *Frontiers in Psychology*, 5(841), 1-5.
- CROSS, N. (2023). *Design Thinking: Understanding How Designers Think and Work*, 2^e édition, Bloomsbury Visual Arts, 200 p.
- DI PAOLO, E. (2016). « Participatory Object Perception », *Journal of Consciousness Studies*, 23(5-6), 228-258.
- DONATH, J. (2020). *The Social Machine*, MIT Press on COVID-19, The MIT Press, 432 p.
- DONG, L., LAI, P. J. et WANG, Y. (2024). « Embodied Interaction Design: A Storytelling City Installation », *Proceedings of the Eighteenth International Conference on Tangible, Embedded, and Embodied Interaction*, 1-5.
- DORST, K. (2019). « Design beyond Design », *She Ji: The Journal of Design, Economics, and Innovation*, 5(2), 117-127.
- DOURISH, P. (2001). « Seeking a Foundation for Context-Aware Computing », *Human – Computer Interaction*, 16(2-4), 229-241.
- DOURISH, P. (2004). *Where the Action Is: The Foundations of Embodied Interaction*, The MIT Press, 233 p.
- DOVE, G. (2015). « How to go beyond the body: an introduction » dans Dove, G. (dir.), *Beyond the body?: the future of embodied cognition*, Frontiers in Psychology, 5(660), 5-7.
- EHN, P. et LINDE, P. (2004). « Embodied Interaction - Designing Beyond the Physical-Digital Divide », *Futureground - DRS International Conference*, 17-21.
- ENGELBART, D. C. et ENGLISH, W. K. (1968). « A research center for augmenting human intellect », *Proceedings of the December 9-11, 1968, fall joint computer conference*, 1, 395-410.
- FINKE, R. A., WARD, T. B. et SMITH, S. M. (1992). *Creative Cognition: Theory, Research, and Applications*, MIT Press, 239 p.
- FLATH, M. E., SMITH, A. K. et ELIAS, L. J. (2019). « Cultural differences in lateral biases on aesthetic judgments: The effect of native reading direction », *Culture and Brain*, 7(1), 57-66.
- FLEURANCE, G. (2021). « Comprendre la phénoménologie avec une tique », vidéo, *YouTube*, youtube.com/watch?v=Kfn2cZHxGnQ.
- FORREST, K. B. et WEXLER, J. (2023). *Is Justice Real When “Reality” Is Not?: Constructing Ethical Digital Environments*, Academic Press, 200 p.
- FRISANCHO, A. R. (2012). « The Study of Human Adaptation », dans Muehlenbein, M. P. (dir.), *Human Evolutionary Biology*, Cambridge University Press, 17-28.
- GAPENNE, O. (2014). « How to go beyond the body: an introduction », dans Dove, G. (dir.), *Beyond the body?: the future of embodied cognition*, Frontiers in Psychology, 5(594), 8-14.
- GOLDMAN, J. G. (2014). « Evolution: Why do your eyes face forwards? », *BBC*, 27 octobre, bbc.com/future/article/20141013-why-do-your-eyes-face-forwards.

- GOZLI, D. (2023). « Principles of Categorization: A Synthesis », *Seeds of Science*, 1-14.
- GRIFFITH, A. (2021). « Embodied creativity in the fine and performing arts », *Journal of Creativity*, 31(100010), 1-5.
- HANNA, F., YOU, E. et EL-SHERIF, M. (2023). « The impact of sedentary behavior and virtual lifestyle on physical and mental wellbeing: social distancing from healthy living », *Frontiers in Public Health*, 11, 1-3.
- HARTLEY, I. et VISCONTAS, I. (2023). « How Technology Is Changing Creativity », dans Preiss, M., Signer, M. et Kaufman, J. C. (dir.), *Creativity, Innovation, and Change Across Cultures*, Palgrave Macmillan, 391-412.
- HAUS OF TOOLS (2018). « The History and Evolution of the Hammer », *Haus of Tools*, hausoftools.com/blogs/news/the-history-and-evolution-of-the-hammer.
- HEKKERT, P. et VAN DIJK, M. (2011). *Vision in Design: A Guidebook for Innovators*, BIS Publishers, 376 p.
- HENSON, A. (2019). *We're In This Together: Embodied Interaction, Affect, and Design Methods in Asymmetric, Co-Located, Co-Present Mixed Reality*, mémoire de maîtrise, Carnegie Mellon University, 115 p.
- HOWARD, L. (2013). *Relation entre la pensée divergente et l'acquisition d'une théorie représentationnelle de la pensée*, thèse de doctorat, Université du Québec à Montréal, 223 p.
- IAS DURHAM (s. d.). « Professor Maxine Sheets-Johnstone », *Durham University*, iasdurham.org/people/former-fellows/darwin-fellows/professor-maxine-sheets-johnstone.
- IDEO (2024). « Method Cards », *IDEO*, ideo.com/journal/method-cards.
- IVCEVIC, Z. (2011). « Artistic and Everyday Creativity: An Act-Frequency Approach », *The Journal of Creative Behavior*, 41(4), 271-290.
- JOHNSON, M. L. et TUCKER, D. M. (2021). *Out of the Cave: A Natural Philosophy of Mind and Knowing*, The MIT Press, 352 p.
- JUSSIM, M. (2018). « MLB Gold Gloves: Baseball's Most Athletic Catches of the 2000s », *Men's Journal*, 24 octobre, mensjournal.com/sports/mlb-gold-gloves-baseballs-13-most-athletic-gravity-defying-catches-millennium.
- KANELLOPOULOS, A., KOUTSOUBA, M. et GIOSSOS, Y. (2020). « Proposition for the Introduction of the Concept Telemathesis in Videoconferencing in Distance Education », *European Journal of Open Distance and E-Learning*, 23(2), 83-98.
- KAUFMAN, J. C. et BEGHETTO, R. A. (2009). « Beyond Big and Little: The Four C Model of Creativity », *Review of General Psychology*, 13(1), 1-12.
- KIRSH, D. (2013). « Embodied Cognition and the Magical Future of Interaction Design » *ACM Transactions on Computer-Human Interaction*, 20(1).
- KÖVECSÉS, Z. (2005). *Metaphor in Culture: Universality and Variation*, Cambridge University Press, 334 p.
- LACHMAIR, M., FISCHER, M. H. et GERJETS, P. (2022). « Action-control mappings of interfaces in virtual reality: A study of embodied interaction », *Frontiers in Virtual Reality*, 3, 1-11.
- LAKOFF, G. (2022). « George Lakoff », *Closer to Truth*, closetotruth.com/contributor/george-lakoff/#episodes.
- LAKOFF, G. et JOHNSON, M. (2003). *Metaphors We Live By*, édition révisée, The University of Chicago Press, 256 p.
- LA-PHILO (2012). « Analyse de l'allégorie de la Caverne (Platon) », *La-Philosophie*, 4 juillet, la-philosophie.com/platon-caverne-allegorie.
- LA PRESSE (2024). « La panne informatique mondiale a affecté 8,5 millions d'ordinateurs », *La presse*, 20 juillet, lapresse.ca/affaires/techno/2024-07-20/la-panne-informatique-mondiale-a-affecte-8-5-millions-d-ordinateurs.php.
- LIEDTKA, J. et OGILVIE, T. (2011). *Designing for growth*, Columbia Business School Publishing, 227 p.
- MAHER, M. L. et LEE, L. (2017). *Designing for Tangible Interaction*, Springer International Publishing, 120 p.
- MANZOTTI, R. (2019). « Embodied AI beyond Embodied Cognition and Enactivism », *Philosophies*, 4(3), 1-15.
- MATHESON, I. et HUTCHINSON, N. L. (2019). « Mémoire de travail et charge cognitive », *TA@l'école*, 19 juin, rb.gy/wq7ueo.
- MERIAU, P. (2021). « La proprioception, notre 6^{ème} sens », *Cité des sciences et de l'industrie*, vidéo, *YouTube*, youtube.com/watch?v=3Zo-YX448R8.
- META (2021). « Les interfaces homme-machine au poignet : des interactions basées sur le poignet pour la plate-forme informatique du futur », *À propos de Meta*, 18 mars, rb.gy/xx3bev.
- MILLER, C. (2020). *Human Biology*, Thompson Rivers University, 1711 p.
- MIT (s. d.). *Sherry Turkle, MIT*, sherryturkle.mit.edu.
- MOINI, J., LOGALBO, A. et AHANGARI, R. (2023). *Foundations of the Mind, Brain, and Behavioral Relationships: Understanding Physiological Psychology*, Academic Press, 482 p.
- NEBELONG, M. (2024). « Sculpt study in VR - Dreams Playstation 4 », vidéo, *YouTube*, youtube.com/watch?v=6OtaBCSuvqM.
- NORMAN, D. (2013). *The Design of Everyday Things*, édition révisée et augmentée, Basic Books, 368 p.
- OLLAGNIER-BELDAME, M. (2019). « Expérience corporelle, cognition et émergence de sens », *Intellectica - La revue de l'Association pour la Recherche sur les sciences de la Cognition (ARCo)*, 71, 21-38.
- OQLF (2020). *Perception haptique*, Vitrine linguistique, vitrinelinguistique.oqlf.gouv.qc.ca/fiche-gdt/fiche/26557570/perception-haptique.
- OSIURAK, F., NAVARRO, J. et REYNAUD, E. (2018). « How Our Cognition Shapes and Is Shaped by Technology: A Common Framework for Understanding Human Tool-Use Interactions in the Past, Present, and Future », *Frontiers in Psychology*, 9(293), 1-7.
- PAUL, A. M. (2021). *The Extended Mind: The Power of Thinking Outside the Brain*, Mariner Books, 352 p.
- PETROSKI, H. (1992). *The Evolution of Useful Things*, Vintage Books, 304 p.
- PETTY, O. (1956). « Non-Pencil-and-Paper Solution of Problems: An Experimental Study », *The Arithmetic Teacher*, 3(6), 229-235.

- PINDUS, D. M., SELZER-NINOMIYA, A., NAYAK, A., PIONKE, J. J. et RAINE, L. B. (2022). « Effects of reducing sedentary behaviour duration by increasing physical activity, on cognitive function, brain function and structure across the lifespan: A systematic review protocol », *TBMJ Open*, 12(10), 1-11.
- PINKSE, J. et BOHNSACK, R. (2021). « Sustainable product innovation and changing consumer behavior: Sustainability affordances as triggers of adoption and usage », *Business Strategy and the Environment*, 30(7), 3120-3130.
- PLATONOVA, R. I., KHUZIAKHMETOV, A. N., PROKPYEV, A. I., RASTORGUEVA, N. E., RUSHINA, M. A. et CHISTYAKOV, A. A. (2022). « Knowledge in digital environments: A systematic review of literature », *Frontiers in Education*, 7, 1-12.
- PRINZ, W., BEISERT, M. et HERWIG, A. (2013). *Action Science: Foundations of an Emerging Discipline*, The MIT Press, 462 p.
- PYLYSHYN, Z. W. (1980). « Computation and cognition: issues in the foundations of cognitive science », *Behavioral and Brain Sciences*, 3(1), 111-132.
- QUIZLET (s. d.). « Sit to stand Cartes », *Quizlet*, quizlet.com/sg/488320525/sit-to-stand-flash-cards.
- SALOMON, M. R. (1983). « The Role of Products as Social Stimuli: A Symbolic Interactionism Perspective », *Journal of Consumer Research*, 10(3), 319-329.
- SHAPIRO, L. (2019). *Embodied Cognition*, 2^e édition, Routledge, 256 p.
- SHAPIRO, L. et SPAULDING, S. (2021). « Embodied Cognition », dans Zalta, E. et Nodelman, U. (dir.), *Stanford Encyclopedia of Philosophy*, Metaphysics Research Lab, plato.stanford.edu/entries/embodied-cognition.
- SIBO, I. P. H., CELIS, D. A. G. et LIOU, S. (2024). « Exploring the Landscape of Cognitive Load in Creative Thinking: A Systematic Literature Review », *Educational Psychology Review*, 36(24), 1-47.
- SMITH, J. T., O'BRIEN, B., LEE, Y. K., BAWOLEK, E. J. et CHRISTEN, J. B. (2014). « Application of Flexible OLED Display Technology for Electro-Optical Stimulation and/or Silencing of Neural Activity », *Journal of Display Technology*, 10(6), 514-520.
- SMITH, L. B. (2005). « Cognition as a dynamic system: Principles from embodiment », *Developmental Review*, 25(3-4), 278-298.
- STANCIU, M. M. (2015). « Embodied Creativity: a critical analysis of an underdeveloped subject », *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 187, 312-317.
- STEEMIT (s. d.). « The different figure skating jumps (In honor of the 2018 Winter Olympic Games) », *Steemit*, steemit.com/sports/@pizzanniza/the-different-figure-skating-jumps-in-honor-of-the-2018-winter-olympic-games.
- STERNBERG, R. J. (2006). « The nature of creativity », *Creativity Research Journal*, 18(1), 87-98.
- SÜLZENBRÜCK, S., HEGELE, M., RINKENAUER, G. et HEUER, H. (2011). « The Death of Handwriting: Secondary effects of frequent computer use on Basic Motor skills », *Journal of Motor Behavior*, 43(3), 247-251.
- THOMSON, P. et JAQUE, S. V. (2022). « Embodied Creativity and Technology: A Complex Relationship », dans Henriksen, D. et Punya, M. (dir.), *Creative Provocations: Speculations on the Future of Creativity, Technology & Learning*, Springer Nature, 113-128.
- TURKLE, S. (2011). *Alone Together: Why We Expect More from Technology and Less from Each Other*, Basic Books, 360 p.
- TURNER, P. (2016). *HCI redux: the promise of post-cognitive interaction*, Springer, 162 p.
- TUTHILL, J. C. et AZIM, E. (2018). « Proprioception », *Current Biology*, 28(5), 194-203.
- VARELA, F. J., THOMPSON, E. et ROSCH, E. (1991). *The Embodied Mind: Cognitive Science and Human Experience*, The MIT Press, 328 p.
- VEGA, G., MISSIR, V., WITTCHEN, D., SABNIS, N., GIROUARD, A., COCHRANE, A. K. et STROHMEIER, P. (2024). « vARitouch : Back of the Finger Device for Adding Variable Compliance to Rigid Objects », *Proceedings of the CHI Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI'24)*, 1-20.
- VERCHER, J.-L. et BOURDIN, C. (2012). « Sensorimotricité et performance motrice », dans Denis, M. (dir.), *La psychologie cognitive*, Éditions de la Maison des sciences de l'homme, 71-99.
- VINK, D. (2016). *Humanités Numériques*, Le Cavalier Bleu, 168 p.
- WHEELER, M. (2011). « Martin Heidegger », dans Zalta, E. N. (dir.), *The Stanford Encyclopedia of Philosophy*, Metaphysics Research Lab, Stanford University, plato.stanford.edu/entries/heidegger.
- WIKIPÉDIA (2024). *Dispositif haptique*, Wikipédia, fr.wikipedia.org/wiki/Dispositif_haptique.
- WILSON, A. et GOLONKA, S. (2013). « Embodied Cognition is Not What you Think it is », *Frontiers in Psychology*, 4(58), 1-13.
- ZANG, K. et DU, X. (2024). « Creative thinking from the perspective of embodied cognition », *Advances in Psychological Science*, 32(7), 1126-1137.