Collège Doctoral
Languedoc-Roussillon

THÈSE

Pour obtenir le grade de
Docteur

Délivré par **Université Paul Valéry**

Préparée au sein de l'école doctorale 60
Et de l'unité de recherche Epsylon

Spécialité : **Psychologie cognitive**

Présentée par **Clara Gimenez**

Action outillée :

de la conséquence à la fonctionnalité

Soutenue le 15 décembre 2021 devant le jury composé de

M Denis BROUILLET, PR, Université Paul Valéry	Directeur
M François OSIURAK, PR, Université Lyon 2	Rapporteur
Mme Lucette TOUSSAINT, PR, Université de Poitiers	Rapportrice
M Lionel BRUNEL, MCF, Université Paul Valéry	Examinateur
Mme Jacqueline FAGARD, directrice de recherche, Université Paris Descartes	Présidente

UNIVERSITÉ PAUL VALÉRY MONTPELLIER 3

À la cheville ouvrière de cette thèse,

Pierre Bapst, mon grand-père.

Remerciements

En premier lieu je tiens à remercier mon directeur de thèse, Denis Brouillet, avec qui j'ai la chance de travailler depuis plus de 6 ans. Merci de m'avoir soutenue dans les moments difficiles, de m'avoir suivie (et même un peu poursuivie ces derniers mois), d'avoir compris qu'il ne servirait à rien de m'imposer un cadre trop contraignant (contrairement à Sibylle) et d'avoir accepté de reprendre la direction complète de cette thèse. Travailler avec vous depuis la troisième année a été pour moi une chance incroyable, nos discussions ont eu des conséquences durables sur mon travail, sur moi et sur mon environnement. J'espère que nous aurons d'autres occasions d'échanger, sur des sujets de recherches ou des sujets politiques. Pour résumer en une phrase notre collaboration : *Je crois que j'y vois plus clair, je n'ai pas trouvé la clé du mystère mais je m'en suis approchée.*

Je remercie l'ensemble des participants qui ont participé à mes expériences, même lorsqu'elles étaient longues et pénibles. Sans vous ce travail ne pourrait être ce qu'il est.

Toute ma gratitude va aux membres du jury, merci à François Osiurak et à Lucette Toussaint d'avoir accepté d'être les rapporteurs de cette thèse malgré la charge de travail qu'ils ont déjà. Merci à Jacqueline Fagard et à Lionel Brunel d'accepter de lire ce travail en vue de ma soutenance de thèse. Je me réjouis d'avance des échanges que nous aurons à ce propos.

Je souhaite adresser des remerciements un peu particulier à Lionel Brunel, présent à mes côtés depuis le début de mon parcours, présent à toutes mes soutenances depuis celle de la L3, celle-ci ne fera pas exception ! Merci Lionel, de ce que tu es, d'avoir tenu à bout de bras l'équipe DynaCSE, d'avoir fait en sorte depuis Seism que des liens se créent entre étudiants, doctorants et enseignants-chercheurs. Ces réunions régulières ont grandement inspiré ce travail de thèse, et si "la convivialité n'est pas [ton] fort", j'ai vécu les plus

chouettes moments de ma scolarité grâce à toi. Pour tout cela, mille mercis !

Grâce aux réunions Seism puis DynaCSE, j'ai eu la chance de créer des liens avec les doctorants de la génération d'avant que je veux remercier pour leurs précieux conseils alors que je n'étais qu'une petite étudiante de licence puis de master : Fabrice, Caroline, Thomas, Roman, Philippe et les autres. Merci Arthur pour ta gentillesse, Anne-Claire merci pour ces moments de franche rigolade et ton partage de nos capacités de concentration. Un immense merci à Guillaume Thébault, qui m'a aidé à faire passer des expériences et avec qui j'ai eu le plaisir d'échanger à plusieurs reprises sur des sujets passionnants.

Merci aux doctorants qui ont partagé quelques temps de cette thèse : Conchita, merci pour ta présence et ton soutien, Marie-Julie, merci pour les pièces dans la machine, Jean-Christophe, merci pour ces moments de débats, Draushika, Lola, Justine, Satya, Lorène, Christine, Vincent, Edouard, José, Théo, et tous les autres, pardon pour les oublis !

Merci à Pom Charras, Pascale Maury, Christophe Gernigon, André Tricot, Karolina Moutsopoulou et à l'ensemble des enseignants dont j'ai croisé la route. Merci à Nathalie Blanc, Lionel Brunel et Gérard Dray, d'avoir fait en sorte que cette thèse se déroule dans les meilleures conditions possibles.

Kevin, la fafa, merci d'avoir accepté d'être mon grand-frère de thèse, depuis ce workshop Trace à Nanterre et les péripéties cafetières et kébabières qui y sont à jamais liées (comme dirait l'autre *J'pourrais t'afficher mais c'est pas mon délire*). Merci pour ton soutien, pour les échanges scientifiques, merci pour la formation accélérée pour les PPP, merci de m'avoir acceptée parmi tes proches au point de m'inviter à ton mariage, j'en suis encore touchée. En bref, merci d'être ce que tu es, je te souhaite le meilleur pour l'avenir, tu le mérites.

Je tiens à remercier les copains *from the other side*, Sibylle et Fred.

Collin, *l'aventurier contre tout guerrier*, merci pour ces trois ou quatre saisons partagées, pour ces épisodes tragiques, drôles et toujours stratégiques, dignes d'une bonne vieille série. Merci pour tout, et promis, je vais me respecter.

Turo, *tu croyais quoi, qu'on s'verrait plus jamais* ? Merci d'avoir été mon plus fidèle soutien, mon porte-voix quand c'était difficile et le pied qui me ramenait à la thèse quand

j'ai glissé sous le vent. J'ai trouvé mon étoile : Sibylle merci d'avoir été là tout au long de la thèse, le 100.

Je souhaite avoir ici une pensée pour les camarades et amis qui ont accompagné ce travail de près ou de loin : Nicolas, Sonia et Michèle, Pierre et Danièle, Robert et Colette, Marie et Michel, Georges et Thérèse, Serge et Annie, Thomas et Awa, Bernard C., Corinne G., Max S., Serge D., Maria-Alice P., Etienne G., Dominique V., Pierre B., Brigitte R., Dominique C. Catherine P-M., Lucien V., Emilie C., Félix S., Agnès S., Claudine T., Etienne C., Jean D., Maryse K., Mathieu P-B., etc... Que ceux qui ne sont pas cités dans cette petite liste m'excusent, je prends conscience en écrivant ces lignes que vous êtes extrêmement nombreux à compter pour moi.

Et comment ne pas remercier plus particulièrement les camarades de ma formidable belle-famille : Patricia, Paul et Chantal, merci pour tout.

Il y a maintenant deux ans, je me suis lancée, avec Tic dans une campagne électorale un peu folle qui me conduit à avoir l'honneur d'être vice-présidente de la Métropole de Montpellier. Je remercie Michaël Delafosse pour la confiance qu'il m'a accordée et son soutien. Je tiens à remercier Grégory et Clémentine, Béatrice, Jean-Baptiste, Olivier, Thomas, Catherine, Evelyne, Karine, Elsa, Magali, Stéphanie, et l'ensemble des équipes qui m'ont laissé le temps de rédiger ma thèse malgré les dossiers à gérer.

Cette aventure m'a également permis de faire de belles rencontres, mille mercis à Jérémie Crépin, Elodie Brun-Mandon et Véronique Brunet pour leur amitié et leur soutien.

J'ai évidemment une énorme pensée pour celui par qui tout a commencé et grâce à qui Hervé et Françoise font désormais partie de ma vie, mon ami et camarade Michel Passet. Françoise et Hervé, merci de votre présence et de vos encouragements pour arriver au bout de ce travail, il y a un peu trop d'émotion au moment d'écrire ces lignes, alors juste : je vous aime et merci.

Je tiens évidemment à remercier ma famille d'avoir cru en moi et de m'avoir toujours soutenue dans mes choix.

A ma cousine Sylvie, merci, de m'avoir fait découvrir son beau métier, d'être ce qu'elle est et de mettre de l'engrais sur les palmiers, *j'aime les gens qui doutent.*

Un immense merci à mes parents et mon frère d'avoir supporté mes humeurs compliquées pendant la rédaction de cette thèse, merci de m'avoir nourri de bons petits plats et d'amour. Merci d'avoir fait de moi ce que je suis aujourd'hui, grandir dans le bonheur et l'amour est une immense chance que j'ai eue (et que je continue d'avoir). Pour ne pas tomber dans le Chichiménisme, juste MERCI à ma famille *c'est quelqu'un dont on ne parle pas, c'est plus que tu ne crois.*

Évidemment, je ne peux terminer sans remercier Romain, qui partage mon quotidien depuis le début de mes études de psycho. Merci d'avoir accepté les moments de pression, les pétages de câbles, d'avoir assuré la logistique, en bref, d'avoir été un soutien sans failles. Je suis impressionnée par tes qualités humaines et intellectuelles, tu es formidable et j'ai beaucoup de chance de partager ta vie. Maintenant, grâce à toi, je sais *il est où le bonheur...*

L'homme n'est pas totalement explicable par la psychologie, car son comportement et ses aptitudes spécifiques ont pour complément et pour *condition essentielle* la société avec tout ce qu'elle comporte à chaque époque de techniques et de relations où se façonne la vie et les conditions diverses de chacun.

Henri Wallon

Les origines de la pensée (1945)

(cité par Zazzo, 1975)

Table des matières

En préambule... **10**

Introduction **11**

I Considérations théoriques 14

1 Des Hommes, des Outils et des Objets 15

1.1 L'Homme seul utilisateur d'outils ? 15

1.2 Les enfants, utilisateurs d'outils précoces 19

1.3 *Homo faber* 22

2 Quelles bases cognitives dans l'utilisation d'outils ? 24

2.1 Apraxie et modèles cognitifs de l'utilisation d'outils 24

2.2 Les effets de l'action outillée 29

2.3 Synthèse 33

3 Les outils : de l'affordance à la fonction 35

3.1 L'affordance : agir et percevoir 35

3.2 Les théories de la fonction 39

3.3 Synthèse 44

II Partie expérimentale 46

Présentation **47**

1 Les outils, éléments de l'environnement un peu à part **49**

1.1 Synthèse 49

1.2 *The role of the motor system in visual working memory* 50

2 Dimensions motrices et compréhension de l'action **61**

3 Conséquences, utilisation et mémoire **68**

4 Acquisition, fonction et conséquences **74**

5 Rôle de la conséquence dans les jugements de fonctionnalité **81**

III Discussion générale 86

1 Principaux enseignements du travail de thèse **87**

1.1 Rappel du contexte et des objectifs 87

1.2 Principaux résultats et leurs limites 90

2 Perspectives théoriques et appliquées **95**

2.1 Conséquences de l'action outillée 95

2.2 Émergence de fonctionnalités 97

2.3 Et si on revenait au préambule ? 98

3 Pour conclure... **100**

3.1 La dialectique pour envisager l'action outillée chez l'Homme ? 100

3.2 Conclusion générale 103

Références **104**

Résumé – Abstract **114**

IV Annexes 117

En préambule...

Le travail de thèse que vous allez lire est initialement issu d'un questionnement à propos de la construction d'objets comme moyen de réduire l'anxiété de l'enfant en milieu scolaire. L'idée de proposer à des enfants de fabriquer des objets nouveaux pour les aider à se sentir mieux n'est pas nouvelle et est régulièrement utilisée dans les activités scolaires et périscolaires. Nous étions persuadés que les effets bénéfiques observés étaient liés à la capacité de modifier son environnement que l'enfant ressentait. Dès lors qu'il est en capacité d'être acteur dans son environnement, celui-ci devient moins menaçant. Nous proposions donc que la création de fonctionnalités nouvelles dans l'environnement permettait de réduire l'anxiété en augmentant le sentiment d'*agentivité*.

Lorsque nous avons commencé le travail de recherche sur le sujet, nous avons rapidement pris conscience de la difficulté de cerner les enjeux de ce questionnement. D'abord, la notion de *construction* avait été peu abordée dans la littérature, si ce n'est chez l'animal, et nous étions loin d'avoir une idée des processus cognitifs qui y étaient liés. De plus, notre approche de la construction comme la capacité à faire émerger de nouvelles fonctionnalités ne semblait pas être répandue. Nous proposons donc un travail qui cherche d'abord à comprendre ce qui pourrait être la fonctionnalité, en espérant que cela puisse être une amorce utile à des recherches ultérieures pour une application au milieu scolaire...

Introduction

« Le travail est de prime abord un acte qui se passe entre l'homme et la nature. L'homme y joue lui-même vis-à-vis de la nature le rôle d'une puissance naturelle. Les forces dont son corps est doué, bras et jambes, tête et mains, il les met en mouvement afin de s'assimiler des matières en leur donnant une forme utile à sa vie. En même temps qu'il agit par ce mouvement sur la nature extérieure et la modifie, il modifie sa propre nature, et développe les facultés qui y sommeillent. » (Marx, 1867)

Cette citation de Karl Marx souligne l'idée selon laquelle lorsque nous modifions notre environnement, nous modifions en même temps nos capacités d'agir sur celui-ci, et c'est l'objet de cette thèse.

Prenons l'exemple d'un individu qui souhaite fixer une horloge au mur. Il monte sur un escabeau, saisit le clou dans sa main droite, et au moment où il s'apprête à l'enfoncer, il prend soudainement conscience que l'outil qu'il a dans la poche n'est pas un marteau mais une clé à molette. Il peut redescendre et récupérer le marteau, ou bien essayer d'enfoncer le clou avec ce qu'il a à sa disposition. S'il choisit d'utiliser la clé à molette, il va faire émerger une fonctionnalité nouvelle à cet outil pour atteindre une conséquence satisfaisante (*i.e.,* planter le clou et accrocher son horloge) et ainsi modifier son environnement pour y faire émerger de nouvelles fonctionnalités (*i.e.,* avoir l'heure et ne pas être en retard au travail).

Ce travail est structuré en trois parties, la première pour poser le contexte théorique, la seconde pour mettre à l'épreuve un certain nombre d'hypothèses et enfin la dernière pour discuter des résultats obtenus au regard de la théorie.

La partie théorique est structurée en trois chapitres. Dans un premier temps, nous avons choisi de présenter les travaux de disciplines différentes de la psychologie cognitive, en évoquant l'utilisation d'outils chez l'animal et chez l'enfant, ainsi que sa place dans les

sciences humaines et sociales. Le second chapitre nous a permis d'évoquer les processus cognitifs à l'oeuvre lors d'une action outillée sur la base des travaux menés sur l'apraxie, mais aussi d'aborder l'impact des effets de l'action sur sa réalisation. Enfin, dans notre troisième chapitre nous avons souhaité aborder deux notions majeures dans les recherches sur l'utilisation d'outils en psychologie cognitive : la fonction et l'affordance.

Suite à ces recherches, nous avons proposé cinq études pour apporter des éléments de réponses à la problématique suivante :

En quoi la réalisation d'une action outillée fait-elle appel à l'émergence de fonctionnalités en se basant notamment sur l'anticipation des conséquences de cette action ?

Ainsi, nous avons mis à l'épreuve dans notre partie expérimentale les hypothèses suivantes :

1. Nous ne traitons pas les outils comme d'autres éléments de l'environnement.

   Dans la première expérience, nous avons comparé les performances d'une tâche de mémoire de travail qui portait soit sur des objets manipulables (*i.e.,* outils et ustensiles de cuisine) soit sur des objets non manipulables (*i.e.,* bâtiments ou gros animaux). Les résultats semblent indiquer que les participants simulent les dimensions motrices associés aux objets manipulables et que cela influence donc leurs performances (Pecher et al., 2013 ; Witt, Kemmerer, Linkenauger, & Culham, 2010).

2. La présence d'effecteurs n'influence pas notre compréhension de l'action.

   Dans la deuxième expérience, nous avons voulu voir si les dimensions motrices (*i.e.,* orientation et tenue de l'outil) modulaient les jugements sur le lien habituel ou non entre un outil et une cible au même titre que les relations spatiales et fonctionnelles (Bach, Knoblich, Gunter, Friederici, & Prinz, 2005). Les résultats semblent indiquer que lors d'une présentation d'outil en contexte (*i.e.,* avec une cible), les dimensions motrices ne sont plus pertinentes pour la tâche de catégorisation.

3. La conséquence de l'action outillée impacte les performances mnésiques dans une tâche de reconnaissance mettant en scène un outil.

Dans la troisième expérience, nous avons interrogé la place des conséquences positives ou négatives dans la mémorisation d'une scène visuelle impliquant un outil. Les résultats indiquent que c'est le lien entre les relations fonctionnelles outil-cible et la conséquence perçue qui impactent les performances. Nous suggérons que si les connaissances sémantiques existent, elles stockeraient aussi la conséquence associée.

4. La conséquence apprise d'une action outillée impacte la sélection d'un outil pour réaliser une nouvelle action.

   Dans la quatrième expérience, nous voulions voir si un effet de compatibilité entre une réponse et un effet (*i.e.,* un outil et une conséquence) appris dans une phase d'acquisition pouvait impacter le choix d'un outil dans une phase de test. Les résultats ne valident pas notre hypothèse, et nous conduisent à nous interroger sur la capacité à modifier des connaissances sémantiques ancrées, ou sur l'existence même de connaissances à ce propos.

5. La conséquence de l'action outillée influence les jugements fonctionnels sur l'outil.

   Dans la cinquième expérience, nous avons voulu voir si la perception de conséquences pouvait modifier les jugements sur le caractère "approprié" ou non d'un outil pour agir sur une cible. Les résultats obtenus suggèrent que les conséquences perçues ont modulé les jugements des participants. Ainsi, nous suggérons que de nouvelles fonctionnalités des outils peuvent émerger sur la base de conséquences perçues.

Enfin, la dernière partie nous a permis de synthétiser les parties théoriques et expérimentales de ce travail, dont nous discutons aussi des limites. Pour finir, nous avons proposé des perspectives de recherches futures, tant sur un plan théorique que sur un plan appliqué. le concept de fonctionnalité pour rendre compte du caractère dialectique de ce que l'être humain fait émerger comme possibilités nouvelles dans son environnement.

Première partie

Considérations théoriques

Chapitre 1

Des Hommes, des Outils et des Objets

1.1 L'Homme seul utilisateur d'outils ?

Souvent décrite comme une spécificité humaine, nous savons maintenant que plusieurs autres animaux utilisent des outils au moins de manière *balbutiante* (Gruber, 1969). Nous interrogerons plusieurs manières d'envisager la définition de l'utilisation d'outils chez l'animal. Pour des raisons de simplicité du propos et de cohérence dans ce travail de thèse nous ne parlerons ici que des outils ayant pour but d'atteindre des modifications physiques de l'environnement, et non pas des outils plus « cognitifs » servant de médiateur entre l'individu et l'environnement comme le téléphone (St Amant & Horton, 2008) ou des « outils psychologiques » au sens de Vygotsky (Bronckart, Schneuwly, & Vygotskiĭ, 1985) qui sont définis comme sociaux par nature et qui visent à maîtriser des processus mentaux comme les dispositifs techniques permettent de maîtriser des processus de la nature.

Définir ce que l'on considère comme un outil, et par extension son utilisation, est un préalable essentiel puisqu'il va déterminer les comportements qui seront considérés comme tel et étudiés dans les travaux de recherche. Cet enjeu est tel que beaucoup de chercheurs, dans plusieurs disciplines, se sont essayés à l'exercice, nous ne retiendrons ici que quelques-unes d'entre elles, les plus citées dans le domaine de l'éthologie ou de la primatologie.

La découverte de la capacité des animaux à utiliser des outils par Jane Van-Lawick Goodall à l'occasion d'un séjour parmi les chimpanzés a moins de 60 ans. Dans ses travaux,

elle considère qu'il y a utilisation d'outil quand il y a l'utilisation d'un objet externe comme extension fonctionnelle de la bouche ou du bec, de la main ou des griffes, dans la réalisation d'un objectif immédiat (objectif qui peut être lié à l'obtention de nourriture, au soin du corps, à l'éloignement d'un prédateur ou d'un intrus, etc.). Elle rajoute que si l'objet est utilisé avec succès, l'animal atteint un but, qui dans la plupart des cas, n'aurait pu être atteint sans l'aide de l'outil (Van Lawick-Goodall, 1971) .

Alcock (1972) propose quant à lui que « l'utilisation d'outil implique la manipulation d'un objet inanimé, non fabriqué en interne, avec pour effet d'améliorer l'efficacité de l'animal en modifiant la position ou la forme d'un objet distinct » [1]. Par cette définition, Alcock exclut les comportements sociaux comme outils. Par exemple, utiliser un autre animal pour atteindre un but n'est pas considéré comme une utilisation d'outils puisque l'animal n'est pas un « objet inanimé » (e.g., un animal qui en porterait un autre dans le but d'attraper de la nourriture). De plus, une araignée qui tisse sa toile pour atteindre un but n'est pas une utilisatrice d'outil puisque sa toile est « fabriquée en interne ».

La définition la plus connue, la plus utilisée et la plus citée est celle de Beck (1980) qui estime que « l'utilisation d'outils est l'emploi externe d'un objet environnemental détaché pour altérer plus efficacement la forme, la position ou la condition d'un autre objet, d'un autre organisme, ou l'utilisateur lui-même lorsque ce dernier tient ou porte l'outil pendant l'utilisation ou juste avant l'utilisation, et est responsable de l'orientation effective et propre de l'outil » [2]. Par conséquent, il propose que l'outil se définisse par le fait qu'il n'est pas une partie de l'animal (e.g. le bec n'est pas un outil), qu'il ne soit pas attaché à l'environnement (e.g. un caillou sur lequel on jette une noix pour la briser n'est pas un outil), et enfin qu'il doit être manipulé par l'animal pour obtenir un résultat bénéfique (e.g. s'il se saisit du même caillou pour taper sur la noix, le caillou devient un outil).

La définition de St Amant et Horton (2008) vient clarifier celle de Beck : l'utilisation d'un outil est l'exercice d'un contrôle sur un objet externe librement manipulable (l'outil)

1. Traduction personnelle.
2. Traduction de François Osiurak, dans *L'instinct de l'outil*, page 23.

dans le but (1) de modifier les propriétés physiques d'un autre objet, d'une substance, d'une surface ou d'un milieu (la cible, qui peut être l'utilisateur de l'outil ou un autre organisme) via une interaction mécanique dynamique, ou (2) d'assurer la médiation du flux d'informations entre l'utilisateur de l'outil et l'environnement ou d'autres organismes dans l'environnement.

Si tout le monde s'accorde sur le fait qu'un outil est un objet externe manipulable, la différence majeure entre les auteurs réside dans la notion d'objet « détachable » de l'environnement. Prenons un exemple : un tube transparent contenant un petit sceau dans lequel il y a une récompense, peut être attrapé par une ficelle fixée au tube avec au bout un crochet. L'utilisation de la ficelle n'est pas considérée par Beck comme de l'utilisation d'outils car la ficelle n'est pas détachable du substrat de l'environnement (i.e., le tube), pour St Amant et Horton (2008), il y a bien utilisation d'un outil dans cet exemple.

Il en est de même des comportements de construction. Un oiseau qui se saisit de brindilles pour les ajouter à son nid est-il un utilisateur d'outils ? Pour Beck, la réponse est non, St Amant et Horton proposent que l'utilisation d'outils nécessite une interaction mécanique dynamique conduisant à la production d'un effet, considérant que l'ajout d'une brindille dans un nid constitue l'établissement de relations statiques entre un objet et l'utilisateur, cette action ne sera pas considérée par ces auteurs comme de l'utilisation d'outils.

Nonobstant ces différences dans l'appréciation de ce qu'il convient d'entendre par utilisation d'outils, de nombreux travaux sur le sujet chez l'animal considèrent que beaucoup d'animaux sont des utilisateurs d'outils : le dauphin utilise une éponge pour se protéger des prédateurs au fond de l'eau (Smolker, Richards, Connor, Mann, & Berggren, 1997), le singe capucin casse des noix à l'aide d'un caillou (Ottoni & Izar, 2008), les gorilles utilisent des bâtons pour tester la profondeur de l'eau (Breuer, Ndoundou-Hockemba, & Fishlock, 2005), les corbeaux calédoniens sont capables de fabriquer des outils (Hunt & Gray, 2004)...

Si comme nous venons de le voir, de nombreuses espèces animales utilisent des outils,

l'espèce humaine semble être en réalité la seule espèce pour laquelle l'utilisation des outils est une caractéristique déterminante et essentielle (Johnson-Frey, 2003). Qui plus est, aucune autre espèce n'est arrivée au même niveau de technologie que l'espèce humaine (Seed & Byrne, 2010). Si nous pouvons pointer un certain nombre de difficultés, le problème ne tient pas tant à la définition de l'utilisation d'outils mais au niveau auquel nous plaçons l'utilisation d'outils par rapport à toutes les autres actions en interaction avec l'environnement.

Quoiqu'il en soit, les études réalisées chez l'animal ont permis de mettre à l'épreuve un certain nombre d'hypothèses qui justifieraient les différences de développement de l'utilisation d'outils entre espèces animales et espèce humaine (pour une revue, voir Seed & Byrne, 2010). En psychologie, les outils sont définis par Gibson [3] comme « des objets détachés d'une sorte très spéciale : ils sont saisissables, portables, manipulables, et habituellement rigides ». Ce dernier ajoute que « l'utilisation de tels objets en vue d'un but déterminé n'est pas entièrement réservée à l'animal humain », mais précise cependant que l'Homme est une des rares espèces à se tenir debout avec les mains libres ce qui facilite grandement la saisie d'outils.

La question qui se pose à la psychologie n'est plus « est-ce que l'espèce humaine est l'unique espèce à utiliser des outils ? » mais bien « qu'est-ce qui est unique dans l'utilisation humaine d'outil ? » (Osiurak, Jarry, & Le Gall, 2010). Une des suggestions formulées dans la littérature considère qu'il existerait deux types d'utilisation d'outils : la première est dite « simple » et permet l'amplification des mouvements des membres supérieurs (e.g., utiliser un marteau pour augmenter sa capacité de percussion), la seconde est dite complexe et permet la conversion des mouvements en actions mécaniques qualitativement différentes (e.g., utiliser un couteau pour trancher, ce que les mains ne peuvent faire). L'utilisation complexe d'outils serait la spécificité de l'utilisation d'outils humaine (Frey, 2007).

3. Dans la traduction française de "The Ecological Approach to Visual Perception" (Gibson, 2014, page 94)

1.2 Les enfants, utilisateurs d'outils précoces

Avant de se préoccuper des mécanismes sous-jacents à l'utilisation d'outil chez l'adulte, il est important de comprendre comment cette faculté se développe dès la petite enfance. En la matière, deux conceptions majeures s'affrontent, et une troisième tente de proposer une vision combinée de ces approches. Nous les présenterons brièvement.

La première – et plus ancienne conception du développement de l'utilisation d'outils chez l'enfant – tend à penser que l'enfant est en capacité d'utiliser des outils dès lors qu'il a acquis une forme de pensée symbolique (Piaget, 1977). Les travaux de Jean Piaget indiquent que lors du cinquième sous-stade du stade sensori-moteur, lorsque l'enfant a entre 12 et 18 mois, il est capable de percevoir les objets de manière plus abstraite et non plus uniquement par sa propre action. Piaget propose que les réactions circulaires tertiaires apparaissent lors du cinquième stade. A ce moment-là, l'enfant acquiert une forme de perception de la causalité ; il conçoit que des actions peuvent se produire en dehors de lui. Au cours de cette période, l'enfant cherche à explorer son environnement en modifiant ses schèmes [4], un objet posé sur un tapis autrefois inatteignable le deviendra en tirant le tapis par exemple. La modification de ces schèmes connus va permettre à l'enfant de mettre en relation des objets qui ne l'étaient pas précédemment. D'autres travaux ont en effet démontré qu'un enfant de 10 mois n'était pas à même de saisir un râteau situé à proximité d'un jouet pour récupérer ce dernier (Bates, Carlson-Luden, & Bretherton, 1980). Il conçoit ces deux objets comme indépendants et ne pouvant interagir. Cette approche du développement de l'utilisation d'outils postule donc que c'est par sa capacité à percevoir le monde comme pouvant être modifié par autre chose que lui-même, et donc par la composante cognitive, que l'enfant est désormais en capacité d'utiliser d'autres objets pour atteindre un but.

Une seconde approche considère que la capacité de l'enfant à utiliser des outils est continue au cours du développement. En d'autre termes, cette capacité n'apparaît pas soudainement au cours d'un stade de développement, elle émerge des comportements

4. Dans le dictionnaire, les schèmes sont définis de la façon suivante : « Selon J. Piaget, régularité construite par tâtonnement dans l'action du sujet et qui peut être généralisée à d'autres situations ».

exploratoires du nourrisson (Lockman, 2000 ; Kahrs & Lockman, 2012 ; Kahrs, Jung, & Lockman, 2013). Les auteurs suggèrent que les premiers comportements de l'enfant avec des objets constituent les prémisses de l'utilisation d'outils. Les enfants explorent les objets en fonction de leurs caractéristiques sensorielles (Ruff, 1984) et ils adaptent leurs mouvement à l'objet et à la surface avec laquelle il est mis en relation (Bourgeois, Khawar, Neal, & Lockman, 2005). Plus surprenant encore, il semblerait que les tous petits soient capables d'ajuster la trajectoire et la force de leur mouvement de frappe de telle sorte que celles-ci constituent le futur pattern moteur de l'utilisation d'un marteau (Kahrs, Jung, & Lockman, 2012). En résumé, cette seconde approche propose que le développement de l'utilisation d'outils soit continu à partir du moment où l'enfant commence à se saisir d'objets et qu'il les utilise pour agir sur son environnement, et donc relève plutôt de la motricité.

Enfin, l'approche hybride propose que les composantes cognitives et motrices soient toutes les deux impliquées dans le développement de l'utilisation d'outils (Fagard, Rat-Fischer, & O'Regan, 2012 ; Greif & Needham, 2011 ; Rat-Fischer, O'Regan, & Fagard, 2012). Les auteurs suggèrent que ce développement soit effectivement continu et ancré dans les composantes motrices activées dès les premiers mois de vie du nourrisson. Néanmoins, ils proposent que cette faculté à utiliser des outils ne soit effective que lorsque l'enfant acquiert l'idée de la fonctionnalité de l'outil. Autrement dit, si un tout petit est en capacité de rapprocher de lui un jouet à l'aide d'un râteau, c'est parce qu'il a « compris » que ce dernier pouvait lui servir. C'est parce qu'il « sait » que l'outil peut lui permettre d'accéder à l'objet qu'il l'utilise. Les dimensions cognitives et motrices semblent donc interagir pour permettre aux enfants d'utiliser des outils.

Au-delà de la seule question de l'utilisation d'outils chez les touts-petits, des chercheurs se sont intéressés à la question de la fabrication de nouveaux outils dans le but de résoudre un problème technique chez l'enfant (S. R. Beck, Apperly, Chappell, Guthrie, & Cutting, 2011 ; Cutting, Apperly, & Beck, 2011). Il semble que les enfants de 4 à 7 ans soient capables de sélectionner un outil adapté pour résoudre un problème. En revanche, lorsqu'il s'agit de modifier un objet pour en faire un outil, seuls les enfants de 8 ans semblent en

capacité de le faire. Les travaux de Defeyter et German (2003) suggèrent que le concept de fonction de l'artefact joue un rôle primordial dans le détournement d'un objet en un nouvel outil. En effet, lorsqu'ils ont vu la démonstration de l'utilisation typique d'un objet, les enfants de 5 ans semblent plus rapides dans le détournement d'objet pour résoudre un problème que les enfants de 7/8 ans. Les auteurs mettent en avant l'hypothèse selon laquelle les enfants ayant acquis la fonction typique d'un objet sont moins flexibles.

Les travaux sur l'utilisation d'outils chez le bébé et l'enfant montrent que la psychologie a tout intérêt à se préoccuper des processus cognitifs sous-jacents à ces actions. Par ailleurs, ces études nous permettent d'interroger des notions qui n'étaient que peu abordées chez l'animal ; c'est notamment le cas de la *fonction* qui semble centrale dans l'utilisation d'outils. Si cette question se pose surtout chez l'Homme et peu chez l'animal, cela tient peut-être à la distinction abordée auparavant entre utilisation simple et complexe. Si l'outil permet seulement d'amplifier les mouvements, sa fonction est plutôt simple. En revanche, s'il s'agit de réaliser des actions que le corps seul ne pourrait pas réaliser, alors la fonction de l'objet devient centrale.

Nous venons de le voir, la question de l'utilisation d'outils, dès lors qu'elle devient *complexe* n'est plus qu'une porte d'entrée vers un grand nombre de sujets à aborder. En outre, plusieurs actions outillées, même si elles sont *simples*, conduisent à des comportements plus complexes, comme la construction par exemple. Pourtant, un certain nombre de travaux sur l'utilisation d'outils posent la question du périmètre pris en compte dans ces études, que ce soit chez l'animal ou en psychologie humaine [5]. Quelques scientifiques s'interrogent sur la non prise en compte de comportements tels que la construction dans ces recherches. Le fait qu'un oiseau mette dans son bec une brindille pour attraper des bestioles à manger est-il un fait plus marquant que le fait qu'il soit capable de se saisir de brindilles et de feuilles pour les agencer dans le but de fabriquer un nid pour ses petits ?

5. C'est également la question posée par Osiurak dans son ouvrage de 2019 intitulé "L'instinct de l'Outil". La sur-représentation de la littérature sur l'utilisation d'outil chez l'Homme est impressionnante. Dans le moteur de recherche "PsycINFO", pour les mots-clés *Tool Use* et *Cognition*, l'auteur recense 550 occurrences, contre seulement 36 pour les mots-clés *Tool Making* et *Cognition*, et uniquement 4 pour les mots-clés *Construction Behavior* et *Cognition*

1.3 *Homo faber*

Dans la première partie de cette introduction, nous avons apprécié la définition de l'utilisation d'outils chez l'animal et les difficultés à circonscrire son contenu. Par la suite, nous avons choisi d'appréhender le développement de cette capacité chez l'enfant. Il nous appartient désormais d'interroger les sciences sociales sur leurs rapports aux outils en particulier et aux questions techniques plus généralement. Ces liens plutôt fins sont plutôt le reflet de l'oeuvre de quelques chercheurs qui se sont penchés sur la question et ne constituent en aucun cas un mouvement général de ces disciplines.

Cette partie s'intitule *Homo faber* en référence aux travaux du philosophe Henri Bergson qui propose dans son ouvrage "L'évolution créatrice" (Bergson, 1907, page 88) que :

> Si nous pouvions nous dépouiller de tout orgueil, si, pour définir notre espèce, nous nous en tenions strictement à ce que l'histoire et la préhistoire nous présentent comme la caractéristique constante de l'homme et de l'intelligence, nous ne dirions peut-être pas *Homo sapiens*, mais *Homo Faber*. En définitive, *l'intelligence, envisagée dans ce qui paraît être la démarche originelle, est la faculté de fabriquer des objets artificiels, en particulier des outils à faire des outils, et d'en varier indéfiniment la fabrication.*

Ainsi, il propose de distinguer l'*instinct* de l'animal qui permet l'utilisation et la construction d'instruments *organisés* (*i.e.,* au sens où ces instruments ont un fonctionnement déterminé par leur forme), de l'*intelligence* humaine qui permet de fabriquer et d'employer des instruments *inorganisés*. Ce que défend Bergson, c'est que de l'histoire de l'humanité, ne subsistent longtemps que les inventions techniques (*e.g.,* nous définissons les âges par les inventions qui en sont issues : la pierre taillée, le bronze, etc...), contrairement aux guerres ou révolutions qui sont plus rapidement oubliées.

André-Georges Haudricourt (1964) ira jusqu'à proposer la création d'une discipline de la *technologie* qui pourrait prendre le point de vue de la *loi d'apparition et de transformation de l'objet*. Il précise qu'« il est clair que pour un objet fabriqué c'est le point de vue humain, de sa fabrication et de son utilisation par les hommes, qui est essentiel, et que si

la technologie doit être une science, c'est en tant que science des activités humaines ».[6]

Dans le même registre, Osiurak et ses collaborateurs (Osiurak & Heinke, 2018 ; Osiurak, Lesourd, Navarro, & Reynaud, 2020) proposent les notions d'*intoolligence* et de *technition*. L'*intoolligence* renvoit à l'intelligence impliquée dans les actions qui conduisent à une modification de l'environnement, de l'utilisation d'outils aux comportements de construction en passant par la fabrication d'outils. Ils proposent la création d'un nouveau domaine de recherche dans les sciences cognitives : la *technition* qui permettrait de rendre compte de la "cognition technique" qui a permis à l'espèce humaine de développer des outils mais aussi de construire des infrastructures.

Plus largement, c'est le rapport des sciences sociales à la technique qui est posé. Comme Osiurak, nous pensons que l'utilisation d'outils, la fabrication d'outils et les comportements de construction sont les trois faces d'une même pièce. Nous considérons que l'ensemble de ces comportements répondent au besoin de l'Homme d'être un *acteur* de son environnement. Comme Marx, nous pensons que par ces comportements l'Homme « *n'opère pas seulement un changement de forme dans les matières naturelles, il y réalise du même coup son propre but dont il a conscience, qui détermine comme loi son mode d'action, et auquel il doit subordonner sa volonté* ». En somme, un individu *utilisateur d'outils* se sert de ceux-ci pour modifier son environnement en même temps qu'il se modifie lui-même en ouvrant de nouveaux champs de possibilité d'agir sur celui-ci.

Ce travail de thèse n'apporte pas de réponses aux questions épistémologiques posées dans ce premier chapitre ; son ambition est ailleurs. Néanmoins, la raison d'être de ce travail est profondément issue des réflexions citées ici. Prendre conscience de la formidable capacité humaine à modifier l'environnement pour y créer de nouvelles possibilités de vivre ou d'agir a été le déclencheur des travaux qui vont suivre. Il nous semblait indispensable de poser le cadre général de ce travail, au-delà des frontières habituelles de la psychologie cognitive.

6. Haudricourt pointe néanmoins l'idée qu'« *il ne faudrait pour autant attribuer à la technologie et en général aux forces productives une importance exclusive pour l'explication historique, et considérer les innovations techniques, les découvertes et les inventions comme le seul moteur de l'histoire, en dehors des rapports de production.* »

Chapitre 2

Quelles bases cognitives dans l'utilisation d'outils ?

Dans ce second chapitre, nous souhaitons interroger plus avant les travaux de psychologie sur le sujet de l'utilisation d'outils. Nous l'avons vu au cours du premier chapitre, la littérature des diverses disciplines se divise sur la nature *cognitive* ou *motrice* des processus qui sous-tendent l'utilisation d'outils. Nous reviendrons donc ici sur les discussions de la psychologie cognitive à ce propos, à la fois en partant des travaux de neuropsychologie qui portent sur l'apraxie mais aussi en évoquant les recherches qui se sont intéressées au rôle des effets de l'action outillée sur le corps et sur l'environnement.

2.1 Apraxie et modèles cognitifs de l'utilisation d'outils

Les travaux de neuropsychologie sur la thématique de l'utilisation d'outils se sont beaucoup préoccupés de l'apraxie (pour une revue voir Goldenberg, 2013 ; Osiurak, 2016). En effet, l'apraxie est un symptôme apparaissant chez des patients victimes de lésions cérébrales à l'hémisphère gauche qui impacte la motricité et l'utilisation d'outils. Pour mieux comprendre les processus sous-jacents à la réalisation d'action outillée, les travaux se sont intéressés à ce qui conduisait à une incapacité à la réaliser correctement. Le travail de Liepmann, pionnier dans l'étude de l'apraxie, propose qu'il existe trois types d'apraxies : idéatoire (incapacité à générer une formule de mouvement), idéomotrice (incapacité à lier formule de mouvement et mouvement lui-même) et motrice (perte des mémoires gestuelles) (pour une revue des travaux de Liepmann, voir Goldenberg, 2003).

Lorsqu'un individu présente un trouble apraxique dit « idéomoteur », il fait des erreurs qui affectent les caractéristiques spatio-temporelles du mouvement comme l'orientation de l'outil, l'amplitude du mouvement ou le type de saisie (Martin et al., 2016). Ainsi, il reconnaît les outils, leurs fonctions et les actions qui y sont associées, mais il semble incapable d'accéder aux représentations nécessaires pour entreprendre les actions motrices appropriées (Johnson-Frey, 2004). A contrario, les apraxiques dit « idéatoires » sont capables de réaliser les bons gestes associés aux outils, mais ils font des « erreurs de contenus », en associant de manière erronée un outil et un objet ou un outil et une action (Martin et al., 2016). Concrètement, les actions sont correctement réalisées mais hors contexte (Johnson-Frey, 2004). Par exemple, Ochipa, Rothi, et Heilman (1989) rapportent le cas d'un patient observé en train de manger avec une brosse à dents et de se brosser les dents avec une cuillère ou un peigne. Ces troubles sont reliés au système conceptuel. La littérature se divise sur les contenus et processus qui le sous-tendent (pour un exemple voir l'échange entre Buxbaum, Shapiro, & Coslett, 2014, 2015 ; Goldenberg, 2014 ; Osiurak & Le Gall, 2015), nous y reviendrons.

L'étude de l'apraxie et des lésions cérébrales associées aux troubles observés a permis aux auteurs de déduire les bases neuropsychologiques de l'utilisation d'outils. Les modèles cognitifs de l'apraxie ont ainsi cherché à comprendre les étapes de traitement nécessaires entre un stimulus (i.e., perception d'un outil) et une réponse (i.e., utilisation de l'outil)(Gall, Etcharry-Bouyx, & Osiurak, 2012). Les travaux dans ce domaine vont distinguer deux types de processus au cœur de l'utilisation d'outil : un processus conceptuel et un processus de production (pour une modélisation voir Roy & Square, 1985 ; Gonzalez Rothi, Ochipa, & Heilman, 1991). Le rôle du système de production est de contrôler le comportement moteur dans le but de transformer l'état actuel du monde dans l'état du monde souhaité qui a été élaboré par le système conceptuel. Le système de production est dynamique ; il permet l'adaptation des mouvements aux contraintes externes en fonction des représentations formées dans le système conceptuel, il encode les relations égocentriques entre l'utilisateur et l'outil (Osiurak, 2014).

Les travaux en neuropsychologie à propos des troubles de l'utilisation d'outils (pour

une revue voir Baumard, Osiurak, Lesourd, & Le Gall, 2014) évoquent deux types de connaissances qui pourraient être au coeur du processus conceptuel : les connaissances sémantiques à propos de la fonction et les connaissances mécaniques à propos des propriétés physiques des objets. Gonzalez Rothi et al. (1991) proposent que les connaissances *sémantiques* sont centrales. Ces dernières contiendraient des informations à propos des résultats de l'action et de ce que les outils pourraient apporter pour moduler ces résultats. En somme, ces connaissances contiennent les informations liées à l'utilisation typique d'outils connus ; elles permettent de savoir dans quel contexte, avec quels autres objets et dans quel but l'objet doit être utilisé (voir aussi Hodges, Bozeat, Ralph, Patterson, & Spatt, 2000). Les connaissances *mécaniques* apportent des informations à propos de la relation entre les propriétés de l'outil et l'objet sur lequel il agit. En somme, pour enfoncer un clou, grâce aux connaissances mécaniques, nous savons que nous avons besoin d'un objet lourd et solide. Des auteurs proposent que le processus conceptuel repose également sur des connaissances sur la manipulation et l'action de l'outil, aussi appelées connaissances *sensori-motrices* qui permettent la représentation de l'action à réaliser ainsi que l'ordre des mouvements à effectuer.

Ces différentes suggestions basées sur des outils d'imagerie cérébrale ou sur des études comportementales ont conduit les chercheurs à développer des modèles neuropsychologiques de la réalisation d'actions outillées. Il apparaît ainsi qu'il existerait deux systèmes impliqués lors de l'utilisation d'outils répartis sur des voies ventrales et dorsales. La voie ventrale permet de transformer les entrées visuelles en représentations qui incarnent les caractéristiques durables des objets et leurs relations spatiales, tandis que la voie dorsale enregistre les informations visuelles sur l'objet en les transformant en coordonnés pertinents pour atteindre ou saisir l'outil (Milner & Goodale, 2008). Certains auteurs ont proposé (Binkofski & Buxbaum, 2013 ; Buxbaum & Kalénine, 2010 ; Osiurak, Rossetti, & Badets, 2017 ; Rizzolatti & Matelli, 2003) qu'il n'existerait pas seulement deux mais trois systèmes impliqués dans l'action outillée. S'il est communément admis que la voie ventrale permet de transformer la scène visuelle en connaissance de la fonction (*i.e.,* caractéristiques durables de l'objet), la voie dorsale semble quant à elle correspondre à la

transmission de deux types d'informations distinctes. Pour Rizzolatti et Matelli (2003), la voie dorso-dorsale permet le contrôle de l'action pendant son exécution, et la voie ventro-dorsale permet la perception de l'espace et la compréhension de l'action réalisée par autrui. Binkofski et Buxbaum (2013) proposent que la voie dorso-dorsale soit liée à la *saisie* et traite les caractéristiques structurelles des objets comme la forme, la taille ou l'orientation dans le but de réaliser des actions incluant la préhension. La voie ventro-dorsale serait quant à elle liée à l'*utilisation* et permet le stockage à long terme des actions associées aux objets familiers.

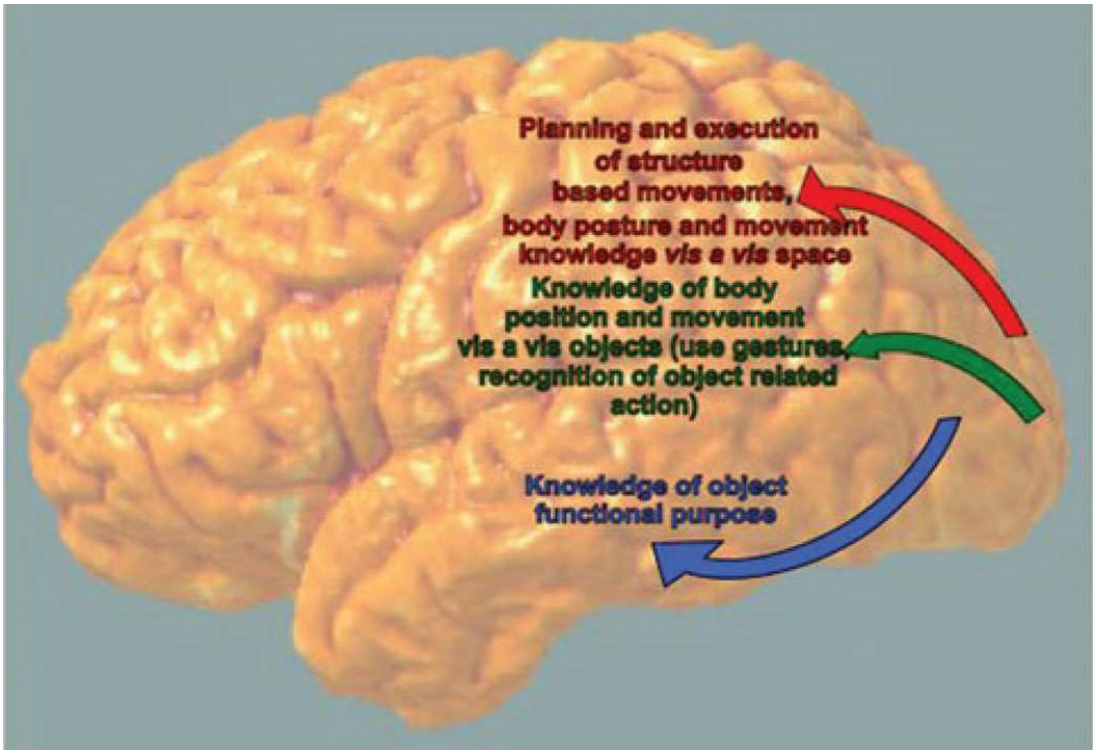


Figure 1 – Description schématiques du rôle des voies ventrales, dorso-dorsales et dorso-ventrales dans l'utilisation d'outils, tirée de Buxbaum et Kalénine (2010) .

Osiurak, Rossetti et Badets (2017) postulent quant à eux qu'il existe un système dorso-dorsal chargé du *contrôle moteur* qui traite la perception et actualise les affordances (voir partie 3.1) lorsque l'individu doit se saisir ou déplacer des objets. Le système ventro-dorsal est quant à lui consacré aux connaissances *mécaniques* qui permettent de simuler mentalement l'action d'utilisation d'outils. Elles contribuent à guider la perception des affordances de la voie dorso-dorsale. La voie ventrale concerne les connaissances à propos

de la *fonction* qui spécifient les liens entre outils et objets, y compris s'ils ne sont pas présents dans la scène visuelle, pour l'action outillée.

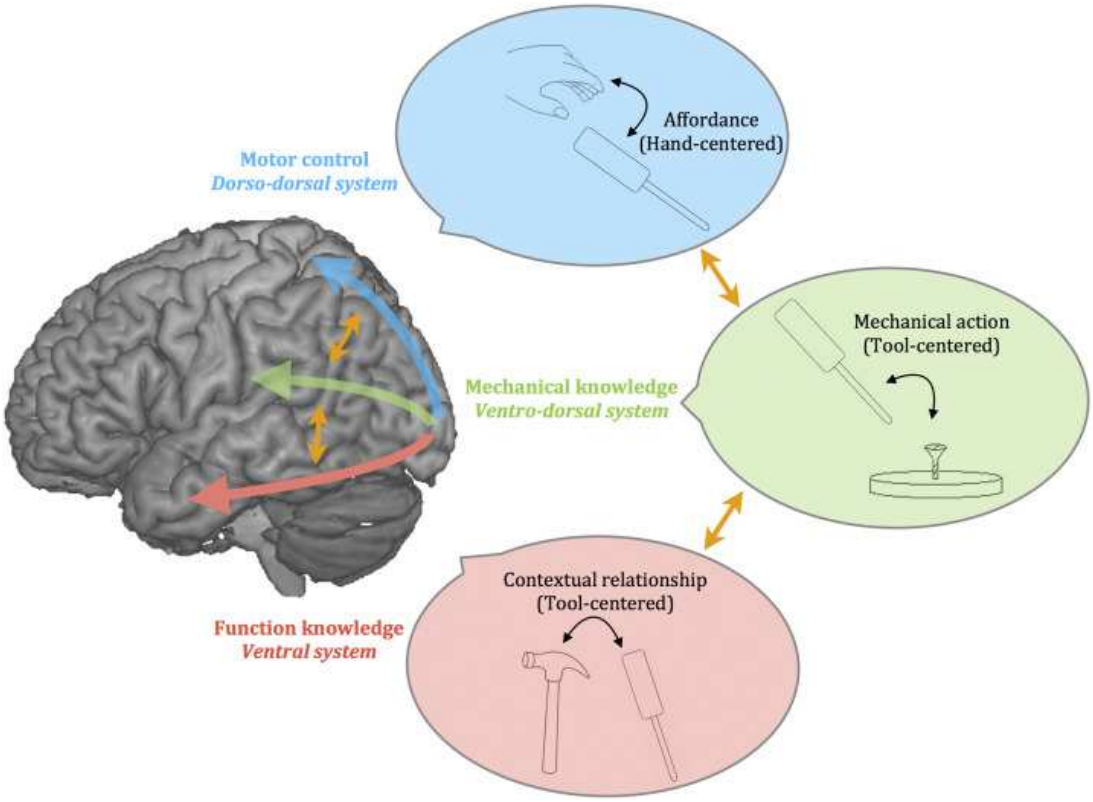


Figure 2 – Description des trois systèmes impliqués dans l'action outillée tirée de Osiurak, Rossetti et Badets (2017).

Si ces considérations se sont concentrées sur les bases neurocognitives de l'utilisation d'outils, elles permettent de poser le débat entre une approche qui considère qu'elle repose essentiellement sur les connaissances des actions manuelles qu'elle nécessite et une approche qui considère qu'elle repose essentiellement sur notre compréhension de l'outil et de la situation. Nous allons maintenant nous intéresser aux effets de l'action outillée sur l'environnement et sur notre corps, pour interroger leur impact sur la réalisation de l'action elle-même.

2.2 Les effets de l'action outillée

Lorsque nous utilisons un outil c'est avant toute chose parce que nous en avons *besoin*, c'est pour produire un effet sur notre environnement. Si j'utilise un marteau c'est pour enfoncer un clou, c'est parce qu'il faut que j'accroche un tableau au mur. Dans cette partie, nous allons nous intéresser à la façon dont l'effet de notre action impacte la réalisation même de celle-ci.

Kunde et Weigelt (2005) ont travaillé sur l'impact de la finalité d'une action dans sa réalisation. Pour cela, ils ont proposé à des participants une tâche motrice bimanuelle simple qui consistait à retourner des morceaux de bois -comme un barman le ferait avec des verres- pour qu'ils terminent dans une position donnée (voir le schéma de la figure 3). Les résultats de leur première étude semblent indiquer que la symétrie des mouvements n'impacte pas le temps d'initiation de l'action contrairement à la finalité de l'action qui semble avoir une influence à la fois sur l'initiation de l'action et la réalisation de la tâche (voir graphique sur la figure 3).

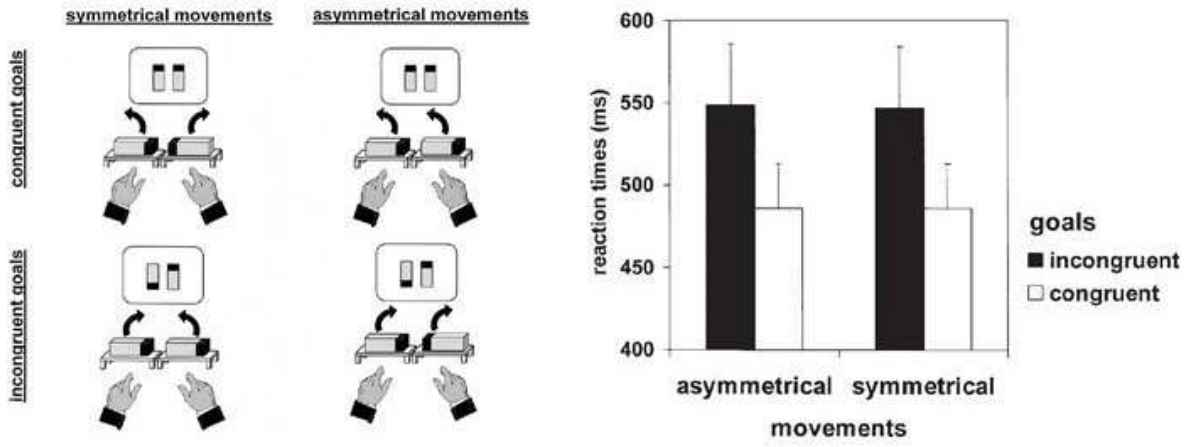


Figure 3 – Protocole et résultats obtenus par Kunde et Weigelt (2005).

Si ces résultats ne concernent pas l'action outillée directement, ils nous donnent des indications intéressantes quant à la place des dimensions musculaires dans la réalisation d'une action, laquelle semble plutôt impactée par sa finalité.

Les travaux sur l'utilisation d'outils ont aussi interrogé ce rapport entre les effets de

l'action sur le corps et l'environnement. C'est le cas notamment de Kunde, Müsseler, et Heuer (2007) qui ont voulu comprendre les mécanismes sous-jacents à l'utilisation d'un outil tel qu'un pivot, qui nécessite un mouvement opposé entre celui de la main et celui de la pointe de l'outil. Plusieurs recherches ont mis en évidence l'idée selon laquelle l'utilisation d'outil nécessite l'intégration de règles de transformation, celles-ci associant le mouvement du corps qui permet de faire fonctionner l'outil (i.e., proximal) au mouvement de l'outil lui-même (i.e., distal).

Kunde et ses collaborateurs se sont souciés du *fulcrum effect* très courant dans les chirurgies laparoscopiques pour lesquelles le chirurgien fait une petite incision dans l'abdomen avant d'y insérer un endoscope, la peau du patient sert ainsi de point de pivot pour l'endoscope. Dans ce contexte, le chirurgien produit un mouvement avec sa main qui est inverse au mouvement de la pointe de l'endoscope. C'est donc à travers un paradigme de levier et de pivot que les auteurs vont étudier les relations entre un stimulus (i.e., si on l'applique à la chirurgie, il s'agira de la partie à atteindre avec l'endoscope), la main et l'outil. Les résultats mettent en avant un effet de compatibilité spatiale entre le stimulus et la pointe de l'outil (i.e., des réponses plus rapides lorsque les deux éléments sont dans la même direction), ainsi qu'entre la main et l'outil. En revanche, ils n'observent pas d'effet de compatibilité spatiale entre la main et le stimulus. Ils en concluent à l'existence de deux types de transformation au cours de l'utilisation d'outil : la transformation d'un stimulus en objectif et la transformation de l'objectif en mouvement. Ces transformations peuvent être compatibles et donner lieu à de meilleures performances, ou incompatibles et ainsi donner lieu à des performances réduites.

Beisert, Massen, et Prinz (2010) se sont interrogés sur la représentation et l'application de ces règles de transformation compatibles ou incompatibles au cours de l'utilisation d'outils. Dans une première étude, les participants étaient assis en face d'un écran, pour chaque essai on leur présentait un outil et une bille colorée qui indiquait si l'outil devait relâcher la bille ou l'enserrer. Ils devaient ensuite ouvrir ou fermer l'outil à l'aide d'un dispositif raccordé à l'ordinateur laissant dépasser deux tiges en fer à rapprocher ou éloigner en fonction de la couleur de la bille. Dès lors qu'ils avaient correctement réalisé l'action,

on leur présentait une image avec l'effet (i.e., bille relâchée ou bille enserrée). Les outils présentés à l'écran pouvaient faire appel au même mouvement que l'effet désiré (i.e., pince classique et pince à épiler, qui requièrent l'ouverture des doigts pour ouvrir l'outil) ou à un mouvement antagoniste (i.e., pince à linge et barrette à cheveux qui requièrent la fermeture des doigts pour ouvrir l'outil). Les résultats montrent que dans les essais où l'outil change mais pas la règle de transformation (e.g., pince classique dans l'essai n-1 et pince à épiler dans l'essai n) les réponses sont initiées plus rapidement et plus précisément que dans les essais où l'outil et la règle ont changé. Les auteurs proposent que les outils compatibles et incompatibles sont regroupés dans deux catégories d'outils distinctes. Cette étude met en avant l'idée que les règles de transformation associées aux outils ont une représentation cognitive pertinente pour l'action.

Osiurak et Badets (2014) se sont intéressés aux représentations impliquées dans l'intention d'action. Pour cela, ils ont mis en place deux protocoles expérimentaux. Le premier avait pour but de mettre en place un paradigme d'intention motrice et de démontrer qu'un effet de compatibilité pouvait apparaître. Les participants voyaient sur un écran deux symboles qui se rapprochaient ou s'écartaient, deux types d'essais étaient ensuite possibles : des essais de jugements (80 % des essais) pour lequel les participants devaient dire si les symboles étaient identiques ou différents, et des essais d'action (20 % des essais) pour lesquels il fallait déplacer un trident à l'aide d'une pince simple. Les participants se sont montrés plus rapides à réaliser l'action lorsque celle-ci était identique au mouvement des masques (e.g., les masques se rapprochent, le participant doit fermer la pince). Après avoir mis en évidence cet effet de compatibilité, ils ont voulu voir si la représentation de l'intention d'action était liée à l'action de la main ou à celle de l'outil. Pour ce faire, ils ont reproduit le même protocole avec une pince inversée (i.e., mouvements des mains opposés à ceux de la pince, pour fermer la pince il faut ouvrir la main), alors que dans la première étude la pince était simple (i.e., mouvements des mains identiques à ceux de la pince, pour fermer la pince on ferme la main). L'introduction de cette nouvelle variable va permettre d'examiner si l'effet de compatibilité observée dans la première expérience est lié à l'action de la main ou celle de l'outil. Les résultats indiquent que l'effet de compatibilité apparaît

lorsque le mouvement des masques est compatible avec celui de l'outil et non pas de la main.

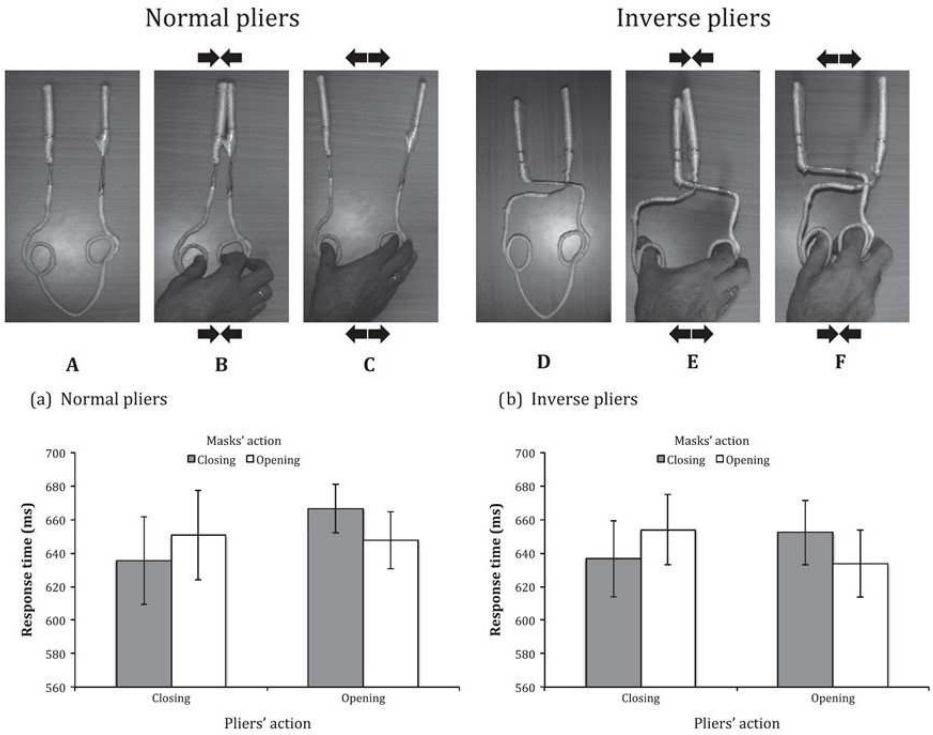


Figure 4 – Matériel et résultats de Osiurak et Badets (2014). Sur la partie haute les pinces utilisées (A et D), les pinces peuvent se fermer (B et E) ou s'ouvrir (C et F). La pince A permet un mouvement similaire entre la main et la pointe de l'outil, contrairement à la pince B qui implique un mouvement inverse. Sur la partie basse les résultats des expériences 1 et 2 de l'article qui présentent les temps de réponse en fonction du type de pince, du mouvement du masque et de celui de la pince.

Müsseler et Sutter (2009) se sont intéressés à la conscience que nous avions de nos mouvements lorsque nous utilisions des outils tels qu'un crayon. Pour cela, ils ont proposé à des participants plusieurs expériences consistant à faire tracer des cercles ou des ellipses en faisant varier (ou non) les informations provenant de l'environnement. Leurs résultats indiquent que les participants n'ont pas conscience des mouvements effectués par leurs mains pour réaliser la tâche. Ils en concluent que la qualité des informations tactiles et proprioceptives est plutôt faible ou, tout du moins, qu'elle ne permet pas un traitement

correct de l'information.

Pris ensemble, ces résultats semblent suggérer une place majeure des effets distaux (*i.e.,* sur l'environnement) de l'action par rapport aux effets proximaux (*i.e.,* sur le corps). Non que le corps ne soit pas utile dans la réalisation d'une action outillée, mais plutôt parce que nous n'avons qu'une conscience relative de nos mouvements et donc peu de retours sur les effets qu'ils produisent sur nous.

2.3 Synthèse

Au cours de ce chapitre, nous avons d'abord fait état des travaux qui ont essayé de modéliser les processus cognitifs à l'oeuvre dans l'utilisation d'outils. Nous avons ensuite proposé une revue des recherches sur l'impact de l'effet (réel ou anticipé) de l'action sur sa réalisation.

Ce chapitre avait pour but de tenter de mieux comprendre les processus cognitifs sous-jacents à l'utilisation d'outils. Dans un premier temps, nous avons proposé un résumé des travaux sur l'apraxie qui ont conduit au développement de modèles de l'utilisation d'outil non-pathologique. Ces recherches permettent d'indiquer qu'il existe deux grandes familles d'approche : une première qui considère qu'utiliser un outil c'est avant tout de la motricité, et une seconde qui considère qu'on utilise des outils avant tout pour résoudre un problème technique et donc que c'est le raisonnement qui est à la base de l'action outillée. Dans le prolongement, nous avons repris les travaux qui ont interrogé les effets de l'action outillée et leur impact sur la réalisation de l'action elle-même. Là encore, il semble y avoir une distinction entre les effets liés au corps et ceux liés à l'environnement. Les débats autour de l'utilisation d'outils se sont donc cristallisés autour de deux façons majeures de la considérer : soit comme une action pour soi qui mettrait essentiellement en jeu la motricité, soit comme une action tournée vers la modification de l'environnement qui va considérer que lors d'une action outillée nous raisonnons dans le but de produire un effet sur l'environnement.

Dès lors, ce qui nous préoccupera dans la partie expérimentale sera d'appréhender

l'impact des informations liées au corps, mais également de considérer les conséquences de l'action pour prolonger les travaux sur les effets de l'action en considérant non pas ce qui se passe pendant l'action, mais ce qui suit l'action. Dans le chapitre suivant, nous allons nous intéresser aux notions d'affordances et de fonction afin de tenter de comprendre ce qui nous pousse à utiliser un tournevis pour atteindre un but satisfaisant (*i.e.,* vis correctement vissée) afin de modifier l'environnement (*e.g.,* assembler deux planches de bois).

Chapitre 3

Les outils : de l'affordance à la fonction

Après s'être intéressé aux processus cognitifs liés à l'utilisation d'outils au sens le plus actif du terme, nous allons maintenant aborder le rapport à l'outil en tant qu'objet qui permet d'atteindre un but. Pourquoi utilisons nous un marteau pour planter un clou ? Parce qu'il a été "fabriqué" pour *ça* ? Parce qu'au sein de mon environnement il semble être le plus adapté à mes capacités sensori-motrices ? Qu'est-ce qui fait que je peux utiliser un caillou pour planter un clou mais que je préfère le marteau ? Autant de questions que nous allons aborder dans ce chapitre.

Dans un premier temps nous évoquerons la notion d'*affordance* qui s'intéresse à la relation entre un sujet percevant et un outil, par la suite nous interrogerons la façon avec laquelle nous attribuons des fonctions aux objets de notre environnement.

3.1 L'affordance : agir et percevoir

La notion d'*affordance*[1] est aujourd'hui couramment utilisée par un grand nombre de chercheurs dans des disciplines aussi variées que la psychologie, le design ou encore l'intelligence artificielle. Le concept développé par Gibson (1979) a fait l'objet de multiples interprétations sur lesquelles nous reviendrons ultérieurement, il définit quant à lui les affordances de la manière suivante :

1. Le mot *affordance* est traduit par *invite* dans la traduction française d'Olivier Putois du texte de Gibson, nous avons choisi de laisser ici le mot anglais qui nous semble mieux rendre compte de son caractère émergeant de l'interaction entre un individu et son environnement.

> Les *affordances* de l'environnement sont ce qu'il offre à l'animal, ce qu'il supplée ou fournit, que ce soit bon ou mauvais. [...] J'entends par là quelque chose qui fait référence à la fois à l'environnement et à l'animal comme aucun autre terme existant ne le fait. Il implique la complémentarité de l'animal et de l'environnement. [...] Un fait important concernant les *affordances* de l'environnement est qu'elles sont en un sens objectives, réelles et physiques, contrairement aux valeurs et aux significations, qui sont souvent supposées être subjectives, phénoménales et mentales. Mais, en réalité, une *affordance* n'est ni une propriété objective ni une propriété subjective, ou les deux si vous voulez. [...] Elle est à la fois un fait de l'environnement et un fait du comportement. Elle est à la fois physique et psychique, mais ni l'une ni l'autre. Une *affordance* pointe dans les deux sens, vers l'environnement et vers l'observateur. [2]

Telle est la définition proposée par Gibson dans son *Approche écologique de la perception visuelle* (1979), il est important de noter que pour Gibson il y a des *affordances* partout dans l'environnement, celles-ci ne sont pas spécifiques aux liens entre l'Homme et l'outil.

La première preuve expérimentale de la perception des affordances est de Warren (1984) qui s'est intéressé aux jugements de « montabilité » d'une marche en fonction de la taille des individus. Il a ainsi mis en évidence que les hommes petits estimaient pouvoir grimper une marche plus basse que les hommes grands. Par ailleurs, il a démontré que ce jugement correspondait toujours au même ratio par rapport à la longueur de jambe. Dès lors, Warren suggère que la perception pour l'action reflète la dynamique du système animal-environnement.

Dans la littérature s'affrontent deux manières d'envisager la perception d'*affordances* (pour une revue complète, voir Osiurak et al., 2010, 2017) : une première approche considère qu'elles proviennent de l'environnement, tandis qu'une seconde approche considère que les affordances émergent de l'interaction entre un individu et son environnement.

Turvey (1992) propose d'envisager un système composé d'un individu et d'un escalier

2. Traduction personnelle

à monter de la manière suivante : $W_{pq}=j(X_p,Z_q)$, composé de Z l'individu et X l'escalier, p étant une propriété de X et q une propriété de Z. Alors p est considéré comme une *affordance* de X et q comme l'*efficacité* de Z (*i.e.,* le complément de p), si et seulement s'il existe une troisième propriété r telle que :

(i) $W_{pq}=j(X_p,Z_q)$ possède r

(ii) $W_{pq}=j(X_p,Z_q)$ ne possède ni p ni q

(iii) Ni Z ni X ne possède r

La formule de Turvey considère j comme une fonction de juxtaposition et r une propriété relationnelle. Ainsi, il suggère que les *affordances* soient des propriétés de l'environnement et qu'elles en relation avec l'efficacité du sujet (*e.g.,* longueur de jambe).

A l'inverse, Stoffregen (2003) suggère que les *affordances* soient des propriétés issues de la relation entre l'individu et l'environnement, qu'elles émergent de ce système. Ainsi, il modifie la formule de Turvey pour donner : $W_{pq}=(X_p,Z_q)$, toujours composée de Z l'individu et X l'escalier de l'exemple initial, p est toujours une propriété de X et q une propriété de Z. La relation entre p et q (p/q) définira cette fois-ci une propriété d'ordre supérieur du système animal/environnement, que l'on appellera h et qui constitue pour Stoffregen une *affordance*. On dira que h est une affordance de W_{pq} si et seulement si :

(i) $W_{pq}=(X_p,Z_q)$ possède h

(ii) Ni Z, ni X ne possèdent h.

Ainsi, pour Stoffregen les affordances sont des propriétés qui émergent de l'interaction entre l'individu et son environnement.

Si nous avons choisi de dédier une des parties de ce chapitre à la notion d'*affordance*, ce n'est pas par pur plaisir du débat théorique, mais bien parce que c'est une notion qui s'avère centrale dès lors que l'on traite de l'utilisation d'outils. En effet, lorsque l'on considère l'action outillée comme un moyen d'atteindre un but satisfaisant pour modifier notre environnement, nous considérons que nous pouvons percevoir notre environnement comme n'étant pas satisfaisant, en même temps que nous percevons des moyens de le modifier (pour une approche plus théorique des liens entre perception et action voir entre autres Brouillet, 2019). Dans ce cadre, les travaux sur les outils et notre manière de les

percevoir vont chercher à comprendre comment ceux-ci vont nous inciter à agir.

Dans ce contexte, les paradigmes de compatibilité stimulus - réponse ont constitué un outil pertinent pour l'étude des effets d'*affordance* (pour une revue des travaux voir da Silva, 2017). Ces paradigmes consistent à associer un stimulus spécifique à une réponse que le participant va donner. Cette association va conduire à des effets de compatibilité notamment entre l'orientation de l'objet et le côté de la réponse (Tucker & Ellis, 1998), entre la direction du mouvement et celle de la réponse (Michaels, 1988) ou encore entre le type de saisie de l'objet (*i.e.,* préhensions à pleine main ou à deux doigts) et celle du dispositif de réponse (Tucker & Ellis, 2001).

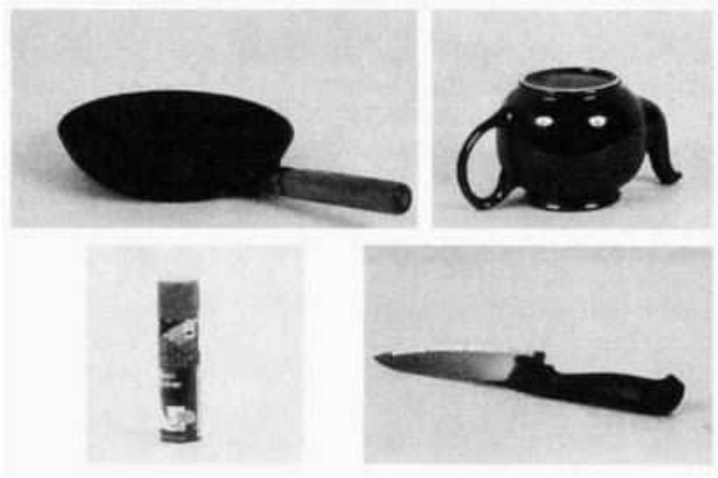


Figure 5 – Exemples de stimuli utilisés par Tucker et Ellis (1998). Ces objets sont présentés à l'endroit ou à l'envers et orienté à droite ou orienté à gauche. Leurs résultats indiquent que la compatibilité entre le stimulus et la réponse est lié à l'orientation de la partie saisissable l'objet.

L'ensemble de ces résultats suggèrent que les affordances nous permettent de percevoir notre environnement pour agir, d'autant que d'autres travaux indiquent que ces effets de compatibilité peuvent disparaître si l'objet est dangereux (Anelli, Borghi, & Nicoletti, 2012) et que la perception des affordances est fortement dépendante du contexte (Kalénine, Shapiro, Flumini, Borghi, & Buxbaum, 2014). Dès lors, les travaux en psychologie cognitive vont proposer des façons de concevoir l'affordance en situation d'utilisation d'outils.

van Leeuwen, Smitsman, et van Leeuwen (1994) suggèrent que l'utilisation d'outils repose sur trois parties prenantes : un acteur, un outil et une cible. Dans ce contexte ils proposent l'existence de deux types d'*affordances*, d'ordre inférieur et d'ordre supérieur (voir figure 6). Les affordances d'ordre inférieur concernent les relations acteur-outil, outil-cible et cible-acteur. Percevoir des affordances d'ordre supérieur signifie percevoir au moins deux relations complémentaires entre l'individu et l'environnement. Ainsi, les auteurs suggèrent que ces affordances d'ordre supérieur soient au coeur de l'organisation de l'utilisation d'outil, qui est définie selon eux par la réalisation d'une action sur une cible en réalisant une action sur un outil. Leurs travaux expérimentaux suggèrent que la fonction d'un outil est définie par les complémentarités entre l'acteur, l'outil et la cible.

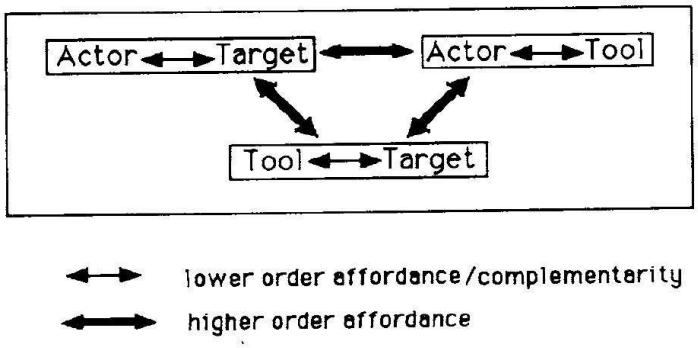


Figure 6 – Affordances d'ordre inférieur comme contraintes pour l'affordance d'ordre supérieur (van Leeuwen et al., 1994)

Ainsi, alors que les débats sur la provenance de l'affordance sont toujours vifs, nos travaux s'inspirent plutôt de l'approche défendue par Stoffregen selon laquelle les élèments émergent de l'interaction entre l'individu et son environnement, nous y reviendrons dans la discussion.

3.2 Les théories de la fonction

La notion de *fonction* a été largement travaillée en philosophie de la biologie, à propos des organes du corps humain. Néanmoins, il est important de noter que ce qui distingue les fonctions biologiques des fonctions des objets, c'est probablement la notion d'*intention*

qui rend l'humain acteur de ce qu'il attribue comme fonction aux choses. A l'inverse, les organes biologiques fonctionnent par la seule sélection naturelle (pour une revue complète voir livre de Gayon & Ricqlès, 2010).

Les travaux de Millikan (1989) proposent que la *fonction propre* « regarde avant tout l'histoire d'un item pour déterminer sa fonction, plutôt que ses propriétés et dispositions présentes ». En philosophie, les travaux de Scheele (2006) proposent de distinguer *fonction propre* et *usage accidentel* d'un artefact [3]. En effet, Scheele considère que la fonction propre d'un artefact correspond à ce à quoi l'artefact a été destiné lors de sa création, lorsqu'il est utilisé dans ce cadre, on parlera d'usage propre. Lorsqu'un individu utilise un artefact pour autre chose que ce pourquoi il est fait, on parlera d'usage accidentel ou secondaire. C'est par exemple le cas lorsque l'on se sert d'un tournevis pour ouvrir un pot de peinture. Scheele pointe également l'importance de l'influence des processus sociaux dans ce qui est attribué comme fonction propre. Il considère ainsi les intentions sociales comme nécessaires pour constituer la fonction d'un artefact. Cummins (1975) quant à lui suggère qu'il existe une *fonction système* qui concentre l'ensemble des utilisations que l'artefact permet (*i.e.,* un tournevis a dans ses fonctions système le fait de visser, mais aussi d'ouvrir un pot de peinture).

Les travaux de Chaigneau en psychologie cognitive se situent en contradiction avec ceux de Dennett (1990) qui défendaient l'idée que le créateur d'un artefact n'en soit qu'un utilisateur comme un autre. A l'inverse, Chaigneau, Castillo, et Martínez (2008) mettent en évidence expérimentalement l'importance de l'intention du créateur de l'artefact dans les jugements que nous faisons à propos de sa fonction (pour une revue voir Vaesen & van Amerongen, 2008). Pour mettre à l'épreuve cette idée, Chaigneau, Castillo et Martìnez (2008) ont crée deux nouveaux objets ayant chacun deux fonctions possibles. Les participants devaient observer une image de l'objet et lire un texte qui décrivait l'histoire de l'objet inventé. Plusieurs scénarios étaient constitués avec les différentes fonctions possibles, ils décrivaient ainsi comment l'artefact ayant été créé par un inventeur puis dé-

3. Selon le dictionnaire Larousse, un *artefact* désigne en anthropologie, un « produit ayant subi une transformation, même minime, par l'homme, et qui se distingue ainsi d'un autre provoqué par un phénomène naturel. »

tourné pour une autre utilisation par un assistant.

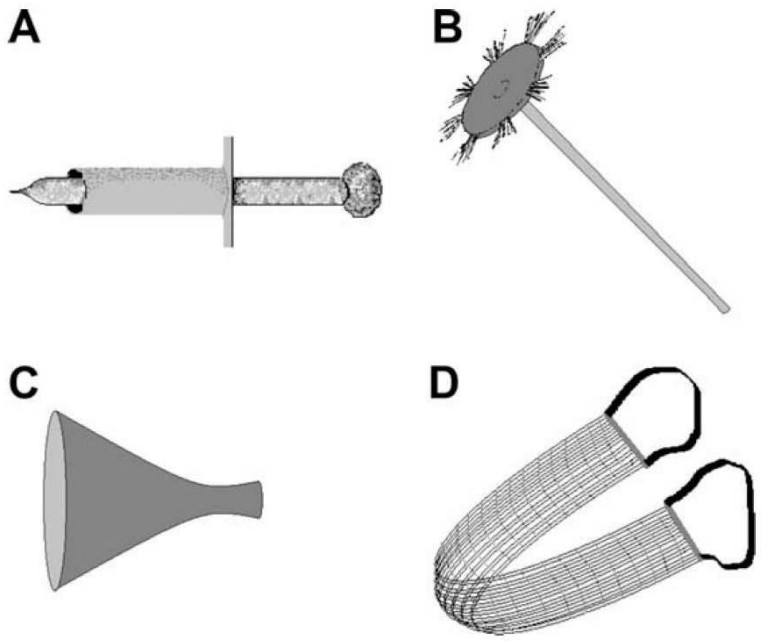


Figure 7 – Objets crées par Chaigneau, Castillo et Martìnez (2008). L'artefact A pouvait servir à faire des tatouages ou à extraire le centre de fruits. L'artefact B avait comme fonction d'extraire les termites de leur nid ou de faire pousser des algues dans un petit cours d'eau. L'artefact C permettait de détecter les gaz souterains en amplifiant le son ou à mesurer le temps de cuisson. L'artefact D servait à capturer des poissons dans les rivières ou à transporter des pierres.

Ainsi, deux types de fonction étaient proposées aux participants : une fonction *historique* (*i.e.,* la fonction proposée par le créateur de l'objet) et une fonction *alternative* (*i.e.,* la fonction proposée par l'assistant). Les participants étaient ensuite répartis dans deux conditions pour juger l'objet présenté : 1) la condition d'évaluation de la fonction (Pensez-vous que la fonction de cet objet est X ? X étant la fonction historique ou alternative), 2) la condition d'évaluation de l'efficience de l'objet (Pensez vous que cet objet est efficient quand il réalise X ? X étant la fonction historique ou alternative) ; les participants devaient donner leur réponse sur une échelle en 7 point (allant de 1 "non" à 7 "oui"). Les résultats indiquent que les participants qui devaient évaluer la fonction ont donné des réponses plus élevées lors de l'évaluation de la fonction pour la fonction historique par rapport

à la fonction alternative. En revanche, aucune différence dans les jugements d'efficience n'a été observée. Les auteurs suggèrent l'existence d'un biais HIF (*i.e.,* pour Historically Intended Function, que l'on pourrait traduire par la fonction prévue historiquement) qui conduit les individus à considérer que la fonction d'un objet est celle pour laquelle il a été conçu par son créateur, et ce indépendemment de la question de l'efficience de l'artefact.

Barsalou, Sloman et Chaigneau (2004) ont proposé la théorie HIPE pour décrire le contenu des connaissances à propos de la fonction et la manière dont elles sont utilisées. Ils proposent que la capacité à générer des connaissances à propos de la fonction repose sur l'histoire (H), une perspective intentionnelle (I), l'environnement physique (P) et les évènements (E), de telle manière que :

— La **perspective intentionnelle** de l'individu va déterminer l'information récupérée sur la fonction dans un contexte particulier, c'est en quelque sorte la porte d'entrée de la connaissance fonctionnelle. Elle repose sur un objectif métacognitif et un point de vue.

→La raison pour laquelle un agent accède à la fonction de l'entité (*e.g.,* établir l'origine de la fonction d'une entité, identifier les propriétés physiques qui produisent des résultats fonctionnels ou récupérer une procédure de l'utilisation standard d'un artefact) constitue ce que les auteurs nomment **objectif méta-cognitif**. Lorsqu'un individu simule une fonction, cet objectif conduit à un **point de vue** spécifique. L'objectif méta-cognitif et le point de vue vont donc déterminer le reste du contenu d'une simulation de fonction.

— L'**histoire** d'un objet (ou la position du concepteur) impactent fortement la perception que nous avons de la structure physique d'un artefact. Celle-ci repose sur le rôle, l'invention, la manufacture et un historique d'utilisation.

→Le **rôle** est le but défini au moment de **l'invention** de l'artefact (e.g., les voitures ont été créées pour le transport, les téléphones pour la communication). Au cours du processus de fabrication, la **manufacture**, des exemplaires de l'artefact sont crées et acquièrent un **historique d'utilisation** particulier. Le rôle et l'invention constituent l'histoire à long terme d'un objet, la manufac-

ture et l'historique d'utilisation en constituent l'histoire immédiate (*i.e.,* une fonction non-standard définie par l'historique d'utilisation peut remplacer le rôle initialement défini).

— L'**environnement physique** constitue le cadre d'une séquence d'évènements fonctionnels. Il repose sur trois dimensions importantes : l'objet principal, les paramètres et les agents externes.

→L'**objet principal** est constitué d'une *structure physique* spécifique (*e.g.,* le manche et la tête du marteau permettent de marteler mais pas de servir de tournevis), certains artefacts peuvent également avoir des *buts internes*, c'est le cas par exemple des caisses automatiques ou des robots. Les **paramètres** regroupent toutes les connaissances sur les objets -autres que l'artefact principal- qui sont essentiels à la compréhension de la fonction (*e.g.,* on a besoin de connaissances sur le bois et les clous lorsque l'on cherche à comprendre la fonction du marteau). Enfin, lorsque les artefacts en ont besoin, les **agents externes** leur permettent de remplir leur fonction (*e.g.,* un marteau a besoin d'un individu pour remplir sa fonction). Ces agents ont eux-mêmes une *structure physique* centrale pour l'émergence d'affordances fonctionnelles, des *buts* à atteindre et des *actions initiatrices* qui contribuent au déclenchement d'une séquence d'évènements.

— Les **séquences d'évènements** interviennent dès lors que l'environnement physique permet de réaliser une fonction. La simulation des évènements comprend les *comportements* et les *résultats* auxquelles ils conduisent.

L'ensemble de ces éléments constituent donc pour les auteurs le contenu des connaissances à propos de la fonction d'un artefact.

Enfin, il nous paraît utile de comprendre l'impact de l'acquisition de la fonction. Nous l'avons abordé dans le premier chapitre, les travaux de Defeyter et German (2003) ont mis en avant une moindre flexibilité des enfants ayant acquis la notion de fonction typique d'un objet. En effet, les chercheurs ont soumis des enfants à une tâche de résolution de problème nécessitant l'utilisation d'un objet de manière atypique (*i.e.,* par opposition à

une utilisation typique qui correspond à celle pour laquelle l'objet a été fabriqué). Lorsque les enfants ont vu préalablement à la tâche une démonstration de l'utilisation typique de l'objet, les enfants de 6-7 ans ont mis beaucoup plus de temps à réaliser la tâche que les enfants de 5 ans. Les auteurs proposent comme explication à ces surprenants résultats que la compréhension de l'utilisation d'un objet dans le seul but d'atteindre un objectif soit plus simple que la capacité à se représenter ce pourquoi l'objet a été initialement conçu, puisque cela nécessiterait de se représenter l'intention du créateur pour l'utilisation future. Pour le jeune enfant (comme pour Dennett, 1990), le concepteur est un utilisateur de l'objet comme un autre qui poursuit un but immédiat. En somme, les auteurs suggèrent que lorsque l'enfant a acquis une certaine compréhension du concept de fonction comme intention du créateur de l'artefact, il n'est plus assez flexible pour imaginer utiliser l'objet pour résoudre une tâche si son utilisation est atypique ; ils appellent cette difficulté *fixité fonctionnelle* (German & Defeyter, 2000). Par ailleurs, les auteurs suggèrent que nous n'ayons en règle générale que peu d'informations relevant de l'intention du créateur dans la vie quotidienne même chez les adulte. Nous connaissons l'utilisation typique des objets parce que nous avons eu l'occasion d'observer autrui s'en servir régulièrement d'une manière similaire.

3.3 Synthèse

Au cours de ce chapitre, nous avons d'abord fait état des travaux qui abordaient la notion d'affordance. Nous avons ensuite mis en avant les recherches autour de la notion de fonction de l'objet.

Dans la première partie, nous avons tenté de définir les affordances, avec toute la difficulté liée à une notion qui a été réinterprétée à de multiples reprises. Il apparaît un débat entre deux approches majeures : celle qui considère que les affordances sont issues de l'environnement et complétées par l'effectivité de l'individu, et la seconde qui considère qu'elles émergent de la relation entre l'individu et l'environnement. Ainsi, les travaux sur l'utilisation d'outils ont proposé que les affordances se situent à plusieurs niveaux

d'interaction entre les trois parties prenantes que sont l'utilisateur, l'outil et la cible.

La deuxième partie nous a permis d'exposer la notion de fonction, et notamment la théorie HIPE qui se propose de décrire la capacité humaine à générer des connaissances à propos de la fonction des objets. Elle suggère que cette capacité soit basée sur les quatre éléments majeurs que constituent l'histoire, la perspective intentionnelle, l'environnement physique et les évènements. Les travaux sur la fonction tendent à montrer que nous basons notre jugement de fonction sur l'intention du créateur de l'artefact, allant jusqu'à conduire à un phénomène de fixité fonctionnelle.

Ces deux notions que sont l'affordance et la fonction peuvent être en apparence contradictoires ; la première s'intéresse à l'invitation à l'action de l'environnement, tandis que la seconde défend l'idée que les outils que nous utilisons ont une fonction intrinsèque (*i.e.,* celle que son créateur lui a donné). Ce qui va nous préoccuper dans la partie expérimentale qui va suivre sera d'interroger la pertinence du concept de fonction qui serait intrinsèque à l'outil. Dans la discussion nous proposerons la notion de fonctionnalités, plus proche de l'affordance de Stoffregen (2003), qui va considérer que les outils ont des fonctionnalités qui émergent de l'interaction entre l'individu et la situation ainsi que de l'anticipation de la conséquence de l'action.

Deuxième partie

Partie expérimentale

Présentation

Après avoir rappelé le contexte général des travaux sur l'utilisation d'outils, nous avons proposé d'essayer de mieux appréhender les modèles cognitifs, la place des effets de l'action sur sa réalisation, la perception des affordances et le développement des connaissances sur la fonction de l'outil. Aussi, nous avons brièvement évoqué l'impact des informations provenant du corps, la nécessaire prise en compte des conséquences de l'action et le développement d'une approche de la fonctionnalité.

Ainsi, pour prolonger ces réflexions, nous avons développé cinq expériences qui vont nous permettre de mettre à l'épreuve les hypothèses suivantes :

Hypothèse 1 : nous ne traitons pas les outils comme d'autres éléments de l'environnement.

La première étude que nous présentons ici a donné lieu à une publication (Gimenez & Brouillet, 2020). Nous avons repris les travaux de Pecher et collaborateurs (Pecher, 2013 ; Pecher et al., 2013) qui suggéraient que nous traitions de la même manière les outils et d'autres éléments de l'environnement (*i.e.,* bâtiments et animaux) dans une tâche de mémoire de travail.

Hypothèse 2 : la présence d'effecteurs n'influence pas notre compréhension de l'action.

Dans cette étude, nous avons souhaité interroger l'impact de la présence d'effecteurs (*i.e.,* des mains) sur une tâche de catégorisation de couples d'objets. Les travaux de Bach et al. (2005) ont mis en évidence le rôle des dimensions spatiales et fonctionnelles sur la catégorisation du caractère habituel ou inhabituel d'un couple outil/cible. Nous avons

donc choisi de reprendre leur protocole pour interroger le rôle des dimensions motrices dans la compréhension de l'action.

Hypothèse 3 : la conséquence de l'action outillée impacte les performances mnésiques dans une tâche de reconnaissance mettant en scène un outil.

Cette étude propose d'envisager le rôle de la conséquence de l'action sur une tâche cognitive qui met en jeu des outils. Pour ce faire, nous avons repris les travaux de Federico et Brandimonte (2020) qui ont mis en avant l'importance des informations sémantiques dans une tâche de reconnaissance d'objets. Nous avons donc proposé de rajouter la variable conséquence à cette étude pour appréhender l'impact de celle-ci dans une tâche cognitive.

Hypothèse 4 : la conséquence apprise d'une action outillée impacte la sélection d'un outil pour réaliser une nouvelle action.

Pour cette quatrième étude, nous avons utilisé un paradigme SRE (Stimulus, Response, Effect). Le but de cette étude est de montrer que l'apprentissage d'une association entre un outil et une conséquence permet d'intégrer les deux informations au point que de nouvelles fonctionnalités puissent émerger et s'inscrire durablement.

Hypothèse 5 : la conséquence de l'action outillée influence les jugements fonctionnels sur l'outil.

Cette dernière étude avait pour but d'interroger la façon avec laquelle nous jugeons du caractère "approprié" d'un outil pour agir sur une cible donnée. Dans ce contexte, nous avons proposé aux participants de juger de la pertinence d'un outil pour agir sur une cible qui pouvait n'avoir subi aucune modification, avoir subi une modification positive ou négative.

L'ensemble de ces études doivent nous permettre d'apporter des éléments de réponse à la problématique suivante :

En quoi la réalisation d'une action outillée fait-elle appel à l'émergence de fonctionnalités en se basant notamment sur l'anticipation des conséquences de cette action ?

Chapitre 1

Les outils, éléments de l'environnement un peu à part

1.1 Synthèse

Pecher et al. (2013) se sont intéressés à l'influence de la simulation motrice dans les capacités de stockage de la mémoire de travail ; leurs résultats n'indiquaient pas de différence significative entre des éléments manipulables (*i.e.,* petits objets) et non-manipulables (*i.e.,* bâtiments ou animaux). Si leurs résultats ne laissent apparaître aucun effet, nous nous sommes interrogés sur la pertinence de leur protocole. Les auteurs utilisent des images d'objets manipulables ou non, sans contrôler la manière dont nous saisissons ces objets, alors que c'est cela même qui est au cœur du processus de simulation (i.e. ils considèrent de la même manière un distributeur de scotch, un trombone et une casserole alors que nous les manipulons différemment). Par ailleurs, la tâche d'interférence motrice est réalisée avant le début de la tâche et consiste à refermer la main, doigt par doigt.

Dans ce travail, nous avons voulu montrer que la simulation motrice influençait les capacités de stockage de la mémoire de travail dès lors que sont utilisés des objets faisant appel à un même type de préhension, en utilisant des outils et des ustensiles de cuisine. Par ailleurs, nous avons utilisé le paradigme de Witt et al. (2010) qui tend à montrer que la simulation automatique des dimensions motrices associées à l'objet ne s'opère plus dès lors que le membre impliqué dans cette dernière est déjà occupé. Les résultats indiquent que les participants distinguent moins bien les anciens des nouveaux items quand ils représentent des objets manipulables par rapport aux non-manipulables. De plus, nous

observons un effet de la tâche d'interférence : dès lors qu'elle est présente les participants distinguent moins bien les anciens des nouveaux items.

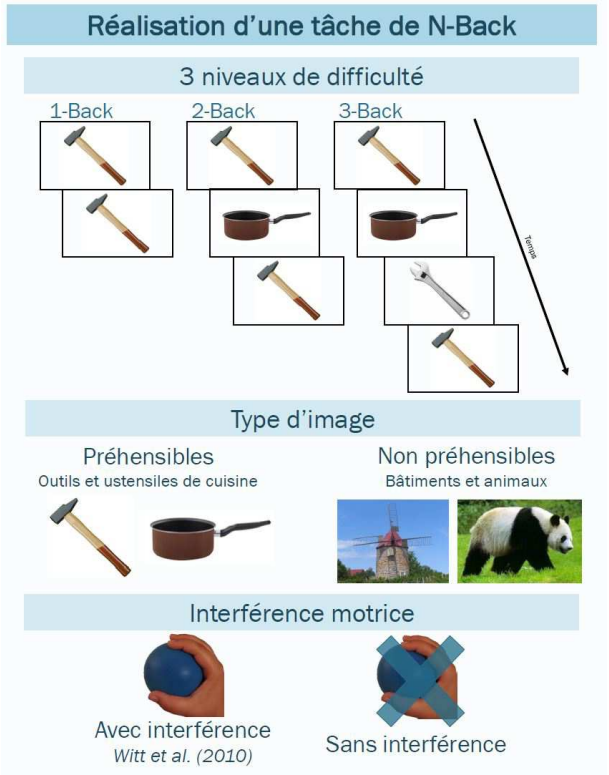


Figure 8 – Illustration du protocole et des variables manipulées dans l'expérience 1.

Ce travail nous conduit à confirmer notre hypothèse selon laquelle les outils (*i.e.,* les ustensiles de cuisine étant aussi des outils) sont considérés différemment d'autres éléments de l'environnement. Cela dit, cette expérimentation ne nous permet pas de dire s'ils sont considérés différemment parce qu'ils sont manipulables et que nous simulons les dimensions motrices qui y sont associées, ou si c'est leur fonction d'outils qui leur confère une place spécifique.

1.2 *The role of the motor system in visual working memory*

Cognition, Brain, Behavior. An Interdisciplinary Journal
Copyright © 2020 ASCR Publishing House. All rights reserved.
ISSN: Print 2247-9228, Online 2601-226X
Volume XXIV, No. 2 (June), 153-162
doi:10.24193/cbb.2020.24.09

SHORT COMMUNICATION

The role of the motor system in visual working memory: Further findings

Clara Gimenez[*]*, Denis Brouillet*

EPSYLON Laboratory, EA 4556, Paul Valéry University, Montpellier, France.

Abstract

The embodied view of cognition suggests that cognitive functioning is supported by sensory and motor processes and the automatic simulation of sensory and motor dimensions to the evocation of an object (words or pictures). In working memory results based on imaging data and behavioral data are contradictory. The aim of our work was to examine whether the procedure used in behavioral studies can fail to highlight possible simulation in visual working memory. Our experiment replicated that of Pecher et al. (2013) but with two differences: the interferent task was that used in Witt et al. (2010), and participants responded with their hand rather than their foot. The results showed that, with the interferent task, participants were less able to distinguish old objects from new, and graspable from non-graspable objects, which suggests that motor simulation does seem to occur in visual working memory.

Keywords: *motor system, visual working memory, simulation process, embodied cognition*

According to the enactivist paradigm, cognition is both embodied and situated (Varela, Thompson, & Rosch, 1993). In other words, knowledge is grounded in sensory and motor systems in interaction with the world. This implies that action is not the consequence of high-level cognitive processing, it is the intention of action that is at the origin of cognitive processing. For example, it is because I have to move that I observe the quality of the road surface and not the other way around.

It is now well established that the simple evocation of a stimulus generates a simulation process of all the dimensions associated with it, and particularly its sensorimotor dimensions (Barsalou, 1999). In the field of perception it is now clearly established that our perceptions result from a functional coupling between action and environment (Gibson, 1979; Hommel, 2004, 2015; O'Regan, 2011), as

[*] Corresponding author:
E-mail: clara.gimenez34@gmail.com

well as in the field of emotions it is now clearly established that emotions are deeply rooted in motor actions (Brouillet, Heurley, Martin, & Brouillet, 2010; Brouillet, Ferrier, Grosselin, & Brouillet, 2011; Casasanto & Chrysikou, 2011; Hayes, Paul, Beuger, & Tipper, 2008). Concerning memory however, the role of action is under debate (Zeelenberg & Pecher, 2016) and this is particularly true for working memory.

Working memory is identified as a part of the memory that requires "the simultaneous storage and processing information" (Baddeley, 1992). In other words, working memory allows us to temporarily store information in order to manipulate it for cognitive tasks (e.g., mental arithmetic, reading, etc.).

Concerning the role of action on working memory, Fuster (1997) proposed that working memory consists of reactivating motor and perceptual networks. Mecklinger, Gruenewald, Weiskopf, and Doeller (2004) highlighted the involvement of motor system in working memory in a brain imaging study (see also Owen et al., 1999; Rossi-Arnaud, Cortese, & Cestari, 2004). They show an activation of ventral premotor cortex during visual working memory tasks for objects that can be manipulated. But, behavioral studies on the link between motor system and working memory are more nuanced. For example, Pecher et al. (Pecher, 2013; Pecher et al., 2013; Quak, Pecher, & Zeelenberg, , 2014) failed to show that motor system plays a role in visual working memory . To test the implication of the motor system in working memory, they used an interference paradigm. Participants were asked to perform a visual working memory task using photographs of manipulable and non-manipulable objects which should result in a simulation of the associated motor action (i.e., grasping the object) and during the presentation of the photographs participants have to perform a motor task (i.e., moving their fingers). If motor system is involved in working memory, the parallel task should interfere with, and thus disrupt working memory performance. It was not observed.

However, in Pecher (2013) and Pecher et al. (2013) the interfering motor task wasn't really related to the motor simulation associated with the objects. Indeed, participants were asked to unfold the fingers of a closed fist one-by-one, starting with the thumb, which is not the usual movement when you have to grasp an object. Moreover, participants recorded their responses by pressing a foot pedal. To explore the role of the interfering motor task, Quak et al. (2014) created a situation in which the interfering motor task was congruent with the grasp of the object (precision vs. power grip). Participants were asked to hold a foam rubber object in each hand and squeeze it with the specified grip (precision or power grip for small or large objects respectively) on the beat of a metronome; here again, they recorded their responses using a foot pedal. But, once again the interference effect was not observed.

The inconsistency of the results obtained by Pecher et al. (2013) and those obtained by brain imaging could be explained by: a) the intervention of long-term memory in the latter; b) the nature of the task (explicit in Pecher vs implicit in brain

imaging); or c) the fact that brain imaging results are mostly correlational and not causal (see Pecher, 2013).

The aim of our work was to show that the procedure used by Pecher et al. (2013) could be challenged regarding the mode of response and the interference task. Indeed, concerning the mode of response, Paulus, Lindemann, and Bekkering (2009) showed that although squeezing a ball with the hand interfered with graspable objects, this interference did not appear when the answer was done with the foot (which is what Pecher asked participants to do). Concerning the interference task, stretching the fingers one by one, to the beat of a metronome, simultaneously for both hands, starting with the thumb until the hands are fully open, seems very unlike a real-world interaction with objects (Pecher, 2013; Pecher et al., 2013). In Quak et al.(2014) the interferent motor task proved to be relevant regarding how to grasp objects. In this case, participants were asked to squeeze a foam rubber object on the beat of a metronome, and not when the object appeared on a screen. In this situation the participants considered this task to be independent of the main task.

To address these limitations, in our experiment, participants were asked to squeeze a foam ball permanently in their dominant hand (i.e., the interference task), and use their non-dominant hand to respond. This procedure was inspired by Witt, Kemmerer, Linkenauger, and Culham, (2010), who showed that squeezing a ball permanently in one hand interfered with a picture naming task if the grasping part of the object in the picture was oriented to the occupied hand. So, squeezing a foam ball with the hand used to grasp objects was therefore able to show that it could disrupt the motor simulation associated with the objects shown in the pictures. For the rest, our experiment replicated the work of Pecher et al. (2013) as closely as possible, except for the distractor task and the mode of response. The participants were submitted to an N-Back task presenting graspable or non-graspable objects, half of the participants had to perform an interfering task (i.e., squeezing a foam ball in their right hand).

If the motor system is involved in working memory, we should observe, in addition to an effect of the difficulty level (i.e., lag), a main effect of the type of object (i.e., graspable vs non-graspable). We should also note a main effect from the presence / absence of the interference task. An interaction effect of these factors is also expected.

METHOD

Participants

Seventy-two participants (50 females, mean age 20.5 years) took part in the experiment, and they were not informed of its purpose. We used G*Power (Faul, Erdfelder, Lang, & Buchner, 2007) to calculate the sample size. For an effect size

of .20, an α of .05, a power of .90, for 2 groups and 6 measurements, we get a sample size of 36. However, the absence of results in Pecher's work led us to double the sample size.

They were all right-handed and had normal or corrected-to-normal vision. They were first year psychology students. They freely consented to participate after being given some general information about the study and ethical rules.

Materials

A set of 60 pictures was created and pre-tested with a second group of participants. The selected objects were all considered to be graspable with one hand by more than 90% of persons, while non-graspable objects were considered not to be graspable with one hand by over 95% of persons. Pictures were color photographs of objects against a white background. Twelve pictures were used in the familiarization phase. In the experimental phase photographs of 24 graspable objects (*bottle opener, corkscrew, cup, pots, whisk, colander, lighter, fork, spoon, coffee maker, garlic press, pan, paint brush, broom, scraper, screwdriver, saw, cutter, pliers, hammer, paint roller, drill, wrench, file*) and 24 non-graspable objects (*cinema, mall, mill, town hall, opera, castle, Eiffel Tower, building, factory, train station, bridge, farm, rhinoceros, hippopotamus, panther, elephant, bear, lion, giraffe, zebra, panda, gorilla, camel*) were used.

A laptop computer was used for the experiment piloted with the E-Prime software (i.e., software used to create behavioral study and collect data). This was equipped with a mouse with a colored button to indicate the answer key.

Procedure

Participants were tested individually in a quiet room with the experimenter present. They were invited to sit in front of the computer, and the distance between their eyes and the screen was about 70 cm.

During the task, half were randomly allocated to the *squeezing* (a foam ball) condition, and the other half to the *no-squeezing* condition. Participants were asked to place their forearms on the table. Participants in both groups held the mouse with their left hand. With their right hand, the participants in the squeezing group held the foam ball, while the participants in the no-squeezing group left their hand on the table.

Instructions were given on the computer screen. They were instructed to click on the right mouse button with their left hand when the picture on the screen had already appeared in the current session.

The N-Back task consisted of sessions of 40 pictures. Each picture was presented for 500 ms, followed by a blank screen for 2500 ms. Lag (N) was varied in each session for 1, 2, or 3 trials (i.e., in 1-Back the target immediately follows the first presentation of the image, in 2-Back there is one distractor between the first

presentation and the target; in 3-Back there are two distractors between the first presentation and the target). Lag was ordered, and increased from 1 to 3.

Participants were instructed to respond if the image had already appeared in the current session on the blank screen after the picture. Each sequence of 40 trials contained 16 N-Back repetitions, while the order of targets and distractors was random. We created two sequences. The first contained only graspable pictures with the three sessions corresponding to the three lags (i.e., 1-Back, 2-Back, and 3-Back), the second only contained non-graspable pictures. To avoid any order effect, we constructed two E-Prime scenarios, the first starting with graspable objects, the second with non-graspable objects. After the first sequence, participants were free to take a break for as long as they wished.

Before starting, participants were exposed to a familiarization phase of three sessions (one for each lag), in which 18 images were presented that were different from those used in the test phase.

RESULTS

Proportions of responses were calculated for each condition and for each participant. Hits (i.e., the participant clicking when the image had already appeared) and false alarms (i.e., the participant clicking even though the image had not appeared previously) were used to calculate the *d'* value. We replaced scores of 0 by 0.5/total and scores of 1 by (total −0.5)/total, where total was the total number of items in the condition (Quak et al., 2014). This calculation allowed us to know how the subject distinguished old items from new ones. Specifically, the higher the *d'* value, the more the subject discriminated old items from new, while the lower the *d'* value the less the subject was able to distinguish them. Table 1 shows average *d'* values for lag, graspability and interference.

Table 1.
Average d' values for graspability, lag and interference

	Graspable	**Non-graspable**
1-Back		
No squeezing	3.446	3.926
Squeezing	3.061	3.697
2-Back		
No squeezing	3.25	3.147
Squeezing	2.775	3.242
3-Back		
No squeezing	2.996	3.456
Squeezing	2.61	2.919

Statistical analyzes were conducted using JASP software (Wagenmakerset al., 2018; Wagenmakers et al., 2018). Frequentist and Bayesian repeated measures ANOVA were run. Statistics are presented according to the frequentist test, with the

addition of the Bayes Factor (BF10). Figure 1 shows mean *d'* values for graspable and non-graspable objects, and the action to perform.

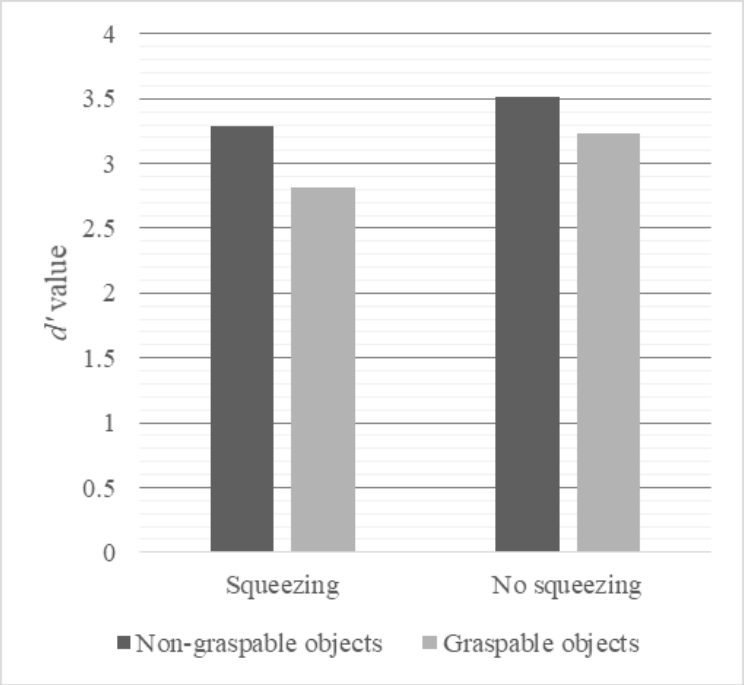


Figure 1. Mean *d*' values for graspable and non-graspable objects, and interference.

Effect of lag. There is an effect of Lag ($F(2,14) = 24.872$, $p < .001$, $\eta^2_p = .262$, $BF_{10} = 3.796^7$); BF_{10} indicates *extreme evidence for* H_1 (Table 1). The ability to distinguish between old and new items decreases as Lag increases.

Effect of graspability. The subject's ability to distinguish between old and new items differed for graspable and non-graspable objects $F(1,70) = 30.44$, $p < .001$, $\eta^2_p = .303$, $BF_{10} = 1.03^5$ while BF_{10} indicates *extreme evidence for* H_1 (Wagenmakerset al., 2018). Graspable objects (3.02) are less well distinguished than non-graspable objects (3.39).

Effect of interference. The results also found a significant effect of the interference ($F(1,70) = 4.492$, $p = .038$, $\eta^2_p = .060$, $BF_{10} = 1.472$), but here the BF_{10} indicates *anecdotal evidence for* H_1. Objects are distinguished less well in the squeezing (3.04) than non-squeezing condition (3.38).

Interaction effects. The results also show a significant interaction between Lag*Graspability ($F(2,140) = 3.3326$, $p = .039$, $\eta^2_p = .04$, $BF_{10} = .605$) and the two interactions Lag*Graspability*Interference ($F(2,140) = 3.059$, $p = .05$, $BF_{10} = .798$, $\eta^2_p = .04$), but not for Graspability*Interference ($p > .1$, $BF_{10} = .408$).

Interaction Lag and Graspability. For the interaction Lag*Graspability, a partial analysis revealed that the difference between graspable and non-graspable objects was significant for the 1-Back ($t(71) = 6.984$, $p < .001$, $\eta^2_p = .40$, $BF_{10} = 8.607$[6]) and 3-Back ($t(71) = 2.281$, $p = .002$, $\eta^2_p = .06$, $BF_{10} = 16.408$) conditions, but not the 2-Back condition ($t(71) = 1.439$, $p > .1$, $\eta^2_p = .02$, $BF_{10} = .347$). It also revealed that differences in Lag were significant for non-graspable objects between 1-Back and 2-Back ($t(71) = 5.693$, $p < .001$, $\eta^2_p = .31$, $BF_{10} = 5.37$[4]) and 1-Back and 3-Back ($t(71) = 5.567$, $p < .001$, $\eta^2_p = .30$, $BF_{10} = 3.32$[4]) conditions, but not between 2-Back and 3-Back ($t(71) = 0.070$, $p = .945$, $BF_{10} = 0.130$). Differences between Lag were also significant for graspable objects between 1-Back and 2-Back ($t(71) = 2.155$, $p = .035$, $\eta^2_p = .06$, $BF_{10} = 1.136$) and 1-Back and 3-Back ($t(71) = 4.043$, $p < .001$, $\eta^2_p = .18$, $BF_{10} = 1.59$[2]) conditions, but not between 2-Back and 3-Back ($t(71) = 1.869$, $p = .066$, $BF_{10} = .671$) conditions.

Interaction Lag, Graspability and Interference. For the interaction Lag*Graspability*Interference, a partial analysis revealed a significant difference between squeezing and no-squeezing conditions for graspable objects in 1-Back ($t(70) = -2.180$, $p = .033$, $\eta^2_p = .06$, $BF_{10} = 1.809$) and 2-Back ($t(70) = -2.183$, $p = .032$, $\eta^2_p = .06$, $BF_{10} = 1.818$) conditions, and a trend in the 3-Back condition ($t(70) = -1.851$, $p = .068$, $\eta^2_p = .04$, $BF_{10} = 1.042$). However, for non-graspable objects the difference only appeared in the 3-Back condition ($t(70) = -2.353$, $p = .021$, $\eta^2_p = .07$, $BF_{10} = 2.499$), and not for the 1-Back ($t(70) = -1.086$, $p = .281$, $BF_{10} = 0.403$) or 2-Back ($t(70) = 0.473$, $p = .638$, $BF_{10} = 0.268$) conditions.

DISCUSSION

It is well-established that cognition is embodied. However, the situation remains controversial with respect to working memory. While brain imaging studies have shown that motor simulation occurs in working memory, the results of Pecher et al. (Pecher, 2013; Pecher et al., 2013; Quak et al., 2014), who used interference behavioral task did not replicate these findings. The aim of the present study was to show that the procedure used can prevent the effect of motor simulation in visual working memory. For that, we used a procedure based on Witt et al. (2010), where participants were asked to permanently squeeze a ball in their dominant hand (not, starting with the thumb until the hands are fully open) and have to respond with their non-dominant hand (not with their foot).

Overall, our results confirm an effect of squeezing the ball: participants were less able to distinguish old objects from new objects when these objects were graspable compared to non-graspable. Moreover, while squeezing a ball makes it difficult to distinguish old objects from new, the effect appears at all three levels of lag for graspable objects, but only at lag 3 for non-graspable objects.

These results allow us to conclude that participants who were asked to squeeze a ball permanently with their dominant hand experienced interference in

motor simulation associated with graspable objects. So, this would suggest that the simulation of the motor dimensions of a stimulus influences the efficiency of the visual working memory. These findings are consistent with brain imaging study (Mecklinger et al., 2004), with previous behavioral study (Guérard & Lagacé, 2014; Lagacé & Guérard, 2015) and more generally with an enactive approach of memory (Brouillet, 2020).

In addition, if Matheson et al. (2014) suggest that Witt et al.'s (2010) results were not attributable to motor simulation but to an attentional bias related to the presence of the hand in the visual field of the participants, this cannot be the case in our study. Indeed, both hands were permanently in the visual field of the participants. So, our results support the interpretation that it is the act of squeezing the ball that creates the interference.

While this result is interesting in itself, we cannot definitively conclude that motor simulation occurs in visual working memory. Notably, we observed a paradoxical effect of squeezing in lag 3 for non-graspable objects, but only a tendency in lag 3 for graspable objects. Moreover, as our experiment differed in two respects from the work of Pecher et al. (the interfering task and the response mode) it is difficult to say which of these two factors is the most important. Therefore, further work is needed to explore the role of motor simulation in visual working memory as the phenomenon seems to be sensitive to the experimental setting.

ACKNOWLEDGMENTS

We thank Lionel Brunel for his help and his spreadsheet for the calculation of the *d'* value. We thank also Annie Coghlan, a native speaker, for proofreading the article.

REFERENCES

Baddeley, A. (1992). Working memory. *Science*, *255*(5044), 556-559. doi:10.1126/science.1736359

Barsalou, L. W. (1999). Perceptual symbol systems. *Behavioral and Brain Sciences*, *22*(04), 577-609. doi:10.1017/S0140525X99002149

Brouillet, D. (2020). Enactive memory. *Frontiers in Psychology*, *11,* 114. doi:10.3389/fpsyg.2020.00114

Brouillet, T., Ferrier, L. P., Grosselin, A., & Brouillet, D. (2011). Action compatibility effects are hedonically marked and have incidental consequences on affective judgment. *Emotion*, *11*(5), 1202-1205. doi:10.1037/a0024742

Brouillet, T., Heurley, L., Martin, S., & Brouillet, D. (2010). The embodied cognition theory and the motor component of "yes" and "no" verbal responses. *Acta Psychologica*, *134*(3), 310-317. doi:10.1016/j.actpsy.2010.03.003

Casasanto, D., & Chrysikou, E. G. (2011). When left is "right": Motor fluency shapes abstract concepts. *Psychological Science*, *22*(4), 419-422. doi:10.1177/0956797611401755

Faul, F., Erdfelder, E., Lang, A.-G., & Buchner, A. (2007). G*Power 3 : A flexible statistical power analysis program for the social, behavioral, and biomedical sciences. *Behavior Research Methods*, *39*(2), 175-191. doi:10.3758/BF03193146

Fuster, J. M. (1997). Network memory. *Trends in Neurosciences*, *20*(10), 451-459. doi:10.1016/S0166-2236(97)01128-4

Gibson, J. J. (1979). *The ecological approach to visual perception*. Houghton Mifflin.

Guérard, K., & Lagacé, S. (2014). A motor isolation effect : When object manipulability modulates recall performance. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, *67*(12), 2439-2454. doi:10.1080/17470218.2014.932399

Hayes, A. E., Paul, M. A., Beuger, B., & Tipper, S. P. (2008). Self produced and observed actions influence emotion : The roles of action fluency and eye gaze. *Psychological Research*, *72*(4), 461-472. doi:10.1007/s00426-007-0125-3

Hommel, B. (2004). Event files : Feature binding in and across perception and action. *Trends in Cognitive Sciences*, *8*(11), 494-500. doi:10.1016/j.tics.2004.08.007

Hommel, B. (2015). The theory of event coding (TEC) as embodied-cognition framework. *Frontiers in Psychology, 6*, 1318. doi:10.3389/fpsyg.2015.01318

Lagacé, S., & Guérard, K. (2015). When motor congruency modulates immediate memory for objects. *Acta Psychologica*, *157*, 65-73. doi:10.1016/j.actpsy.2015.02.009

Matheson, H., White, N., & Mcmullen, P. (2014). Accessing embodied object representations from vision: A review. *Psychological bulletin, 141*(3), 511-524. doi:10.1037/bul0000001

Mecklinger, A., Gruenewald, C., Weiskopf, N., & Doeller, C. F. (2004). Motor affordance and its role for visual working memory : Evidence from fMRI studies. *Experimental Psychology*, *51*(4), 258-269. doi:10.1027/1618-3169.51.4.258

O'Regan, J. K. (2011). *Why red doesn't sound like a bell : Understanding the feel of consciousness*. Oxford University Press.

Owen, A. M., Herrod, N. J., Menon, D. K., Clark, J. C., Downey, S. P. M. J., Carpenter, T. A., … Pickard, J. D. (1999). Redefining the functional organization of working memory processes within human lateral prefrontal cortex. *European Journal of Neuroscience*, *11*(2), 567-574. doi:10.1046/j.1460-9568.1999.00449.x

Paulus, M., Lindemann, O., & Bekkering, H. (2009). Motor simulation in verbal knowledge acquisition. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, *62*(12), 2298-2305. doi:10.1080/17470210903108405

Pecher, D. (2013). No role for motor affordances in visual working memory. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, *39*(1), 2-13. doi:10.1037/a0028642

Pecher, D., de Klerk, R. M., Klever, L., Post, S., van Reenen, J. G., & Vonk, M. (2013). The role of affordances for working memory for objects. *Journal of Cognitive Psychology*, *25*(1), 107-118. doi:10.1080/20445911.2012.750324

Quak, M., Pecher, D., & Zeelenberg, R. (2014). Effects of motor congruence on visual working memory. *Attention, Perception, and Psychophysics*, *76*(7), 2063-2070. doi:10.3758/s13414-014-0654-y

Rossi-Arnaud, C., Cortese, A., & Cestari, V. (2004). Memory span for movement configurations : The effects of concurrent verbal, motor and visual interference. *Cahiers de Psychologie Cognitive/Current Psychology of Cognition*, *22*(3), 335-349.

Varela, F. J., Thompson, E., & Rosch, E. (1993). *L'inscription corporelle de l'esprit : Sciences cognitives et expérience humaine*. Paris: Seuil.

Wagenmakers, E.-J., Love, J., Marsman, M., Jamil, T., Ly, A., Verhagen, J., Selker, R., Gronau, Q. F., Dropmann, D., Boutin, B., Meerhoff, F., Knight, P., Raj, A., Kesteren, E.-J. van, Doorn, J. van, Šmíra, M., Epskamp, S., Etz, A., Matzke, D., … Morey, R. D. (2018). Bayesian inference for psychology. Part II : Example applications with JASP. *Psychonomic Bulletin and Review*, *25*(1), 58-76. doi:10.3758/s13423-017-1323-7

Wagenmakers, E.-J., Marsman, M., Jamil, T., Ly, A., Verhagen, J., Love, J., … Morey, R. D. (2018). Bayesian inference for psychology. Part I : Theoretical advantages and practical ramifications. *Psychonomic Bulletin and Review*, *25*(1), 35-57. doi:10.3758/s13423-017-1343-3

Witt, J. K., Kemmerer, D., Linkenauger, S. A., & Culham, J. (2010). A functional role for motor simulation in identifying tools. *Psychological Science*, *21*(9), 1215-1219. doi:10.1177/0956797610378307

Zeelenberg, R., & Pecher, D. (2016). The role of motor action in memory for objects and words. In B. H. Ross (Éd.), *Psychology of learning and motivation* (Vol. 64, p. 161-193). Academic Press. doi:10.1016/bs.plm.2015.09.005

Chapitre 2

Dimensions motrices et compréhension de l'action

Bach, Knoblich, Gunter, Friederici, et Prinz (2005) ont mis en évidence l'importance des informations spatiales et fonctionnelles associées aux objets dans la compréhension de l'action. Pour mettre en évidence cela, les auteurs ont montré aux participants des images de mains tenant des outils et des cibles, en manipulant la cohérence spatiale et fonctionnelle entre les deux objets. Les participants devaient juger de la pertinence de la relation entre ces deux objets, soit sur un plan spatial (en ignorant leur relation fonctionnelle) soit sur un plan fonctionnel (en ignorant leur relation spatiale). Les participants étaient ainsi confrontés à quatre conditions expérimentales : full match (e.g., ciseaux et feuille de papier horizontale), spatial mismatch (e.g., ciseaux et feuille de papier verticale), functional mismatch (e.g., ciseaux et assiette horizontale) et double mismatch (e.g., ciseaux et assiette verticale).

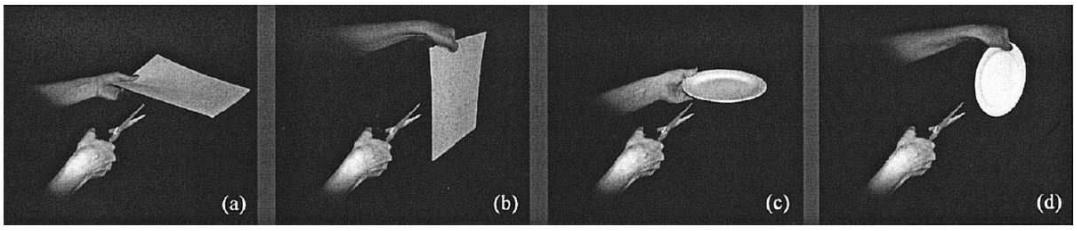


Figure 9 – Conditions expérimentales de l'expérience de Bach et al., (2005) : a) full match, b) spatial mismatch, c) functional mismatch et d) double mismatch.

Les résultats ont montré que les inadéquations spatiales et les inadéquations fonction-

nelles ralentissent les jugements même si le participant avait reçu comme consigne de les ignorer. Par conséquent, les auteurs concluent que ce sont les informations spatiales et fonctionnelles qui, en agissant comme contexte, facilitent la compréhension des liens entre les objets et l'action qui en découle.

Nous proposons ici de vérifier expérimentalement la réponse donnée par Bach et al. (2005, p. 476) à la question de savoir si les effecteurs sont nécessaires à la compréhension de la fonction des objets : « *A final question is whether the presentation of effectors is necessary to evoke the observed effects. This does not seem be the case* ». Les travaux cités dans notre partie théorique nous interrogent sur le rôle que pourraient jouer les dimensions motrices dans la compréhension de l'action. Ainsi, nous avons choisi de faire rentrer en ligne de compte deux nouveaux facteurs : l'orientation de l'outil et la présence d'un effecteur. Cette manipulation expérimentale nous permettra d'examiner si ces dimensions ont un impact sur la vitesse de réponse du participant dans une tâche de catégorisation.

Méthode

Participants

48 étudiants en première année de licence en psychologie à l'Université Paul Valéry-Montpellier III ont participé à notre étude. Ils avaient tous une vue normale ou corrigée. Ils étaient tous droitiers (Veale, 2014). Les participants ont tous signé un formulaire de consentement libre et éclairé avant de réaliser l'expérience. À la suite de leur passation, les étudiants recevaient une valorisation sur leur note de TD en psychologie cognitive.

Matériel

Nous avons réalisé 56 photographies pour cette expérience. Ces images représentaient 16 objets différents, 8 étaient des outils (i.e., tournevis, clé à molette, arrosoir, casse-noix, marteau, économe, presse-ail, décapsuleur), les 8 autres étaient les objets sur lesquels les outils agissent que nous appellerons ici des cibles (i.e., vis, boulon, plante, noix, clou, pomme de terre, gousse d'ail, bière). Les 8 outils étaient présentés dans 4 conditions différentes : tenus par une main droite, tenus par une main gauche, non tenus orientés

à droite, non tenus orientés à gauche. Les 8 cibles étaient présentées dans 3 conditions différentes : tenues par une main gauche, tenues par une main droite, non tenues.

Nous avons créé 192 associations différentes pour l'expérience. Chaque outil était présenté 24 fois, 12 fois avec l'objet cible correspondant (i.e., condition compatible) et 12 fois avec un autre objet cible (i.e., condition incompatible). Chacun des outils était présenté 6 fois dans chacune des conditions de tenue : tenu par une main droite, tenu par une main gauche, non tenu orienté à droite, non tenu orienté à gauche de telle sorte que chaque objet soit vu dans toutes les conditions.

Les associations de compatibilité entre outils et cibles ont été pré-testées par 87 personnes sur la plateforme Google Forms en reprenant le questionnaire proposé par Bach et al. (2005). Nous avons présenté aux participants des photographies associant un outil et une cible. Dans un premier temps, nous leur avons demandé combien d'autres outils pourraient être utilisés sur la cible. Puis, il leur a été demandé combien d'autres objets cibles peuvent être utilisés avec le même outil ; ils devaient répondre sur une échelle de 1 (i.e., très peu nombreux) à 5 (i.e., très nombreux). Par la suite, nous leur avons demandé d'indiquer via échelle allant de 1 (i.e., très rarement) à 5 (i.e., très souvent) à quelle fréquence ils avaient vu et réalisé l'action présentée. Enfin, nous leur avons proposé des phrases décrivant l'action dont ils devaient estimé, sur une échelle de 1 (i.e., pas du tout) à 5 (i.e., très bien), si elle décrivait fidèlement l'action à l'image. Suite à ce pré-test, nous avons choisi les associations les moins ambiguës, peu de possibilité d'une autre association, les plus connues et les mieux identifiées.

Cette expérience a été programmée sur le logiciel OpenSesame (Mathôt, Schreij, & Theeuwes, 2012).

Procédure

Les participants étaient reçus individuellement pendant une dizaine de minutes dans une pièce calme. Après avoir signé un formulaire de consentement, les participants étaient placés face à l'ordinateur, séparé de l'écran par un clavier.

Les participants étaient ensuite prévenus par la consigne à l'écran que deux images allaient apparaître successivement. Le but était de dire le plus rapidement possible si les

deux objets étaient habituellement utilisés ensemble (par exemple : une clé et une serrure) ou rarement utilisés ensemble (par exemple : une carte bleue et une serrure). Pour cela, ils devaient appuyer sur une des deux touches de clavier (m ou s) indiquée par une gommette de couleur (jaune ou bleue). La latéralité des réponses ainsi que les couleurs de gommettes ont été contrebalancées entre les participants.

Les essais, présentés aléatoirement, étaient au nombre de 192 et se déroulaient comme suit (voir figure 10 : un cercle de fixation pendant 300ms, un écran noir de 400ms, apparaissait ensuite l'outil pendant 800ms, la cible apparaissait jusqu'à ce que le participant ait répondu pendant 1500ms maximum, pour finir l'essai nous présentions un écran noir pendant 200ms. Les participants avaient la possibilité de répondre dès l'apparition de la cible à l'écran et jusqu'à la fin de l'écran noir qui suivait. Nous avons contrebalancé l'ordre de présentation, de telle sorte que la moitié des participants a d'abord vu la cible pendant 800ms avant de voir l'outil pendant 1500ms.

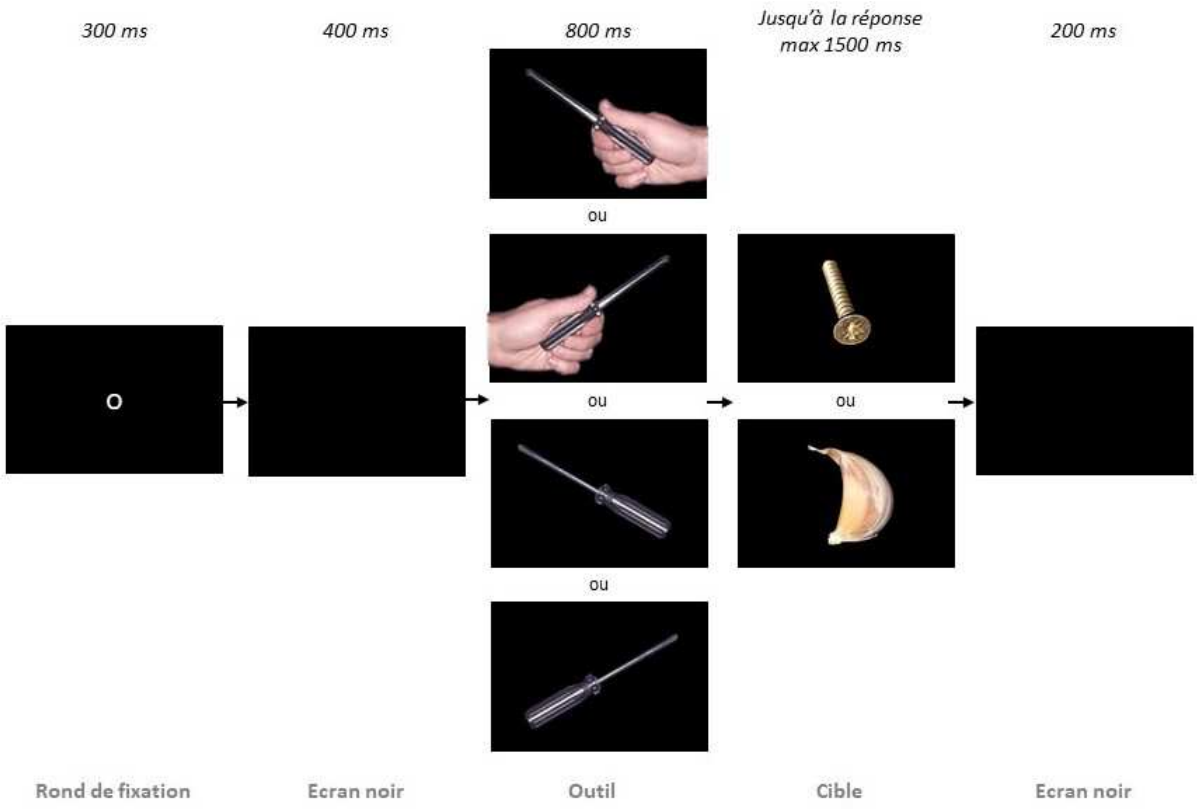


Figure 10 – Protocole de l'expérience 2.

A la suite de leur passation, les participants devaient remplir le questionnaire de latéralité (Veale, 2014). Seules ont été conservées pour ce travail les données des individus droitiers.

Résultats et discussion

Dans cette deuxième expérience, nous nous attendions à reproduire les résultats obtenus par Bach et al. (2005) qui montrent des réponses plus rapides dès lors que les deux objets sont habituellement utilisés ensemble. Par ailleurs, nous nous interrogions sur l'impact des dimensions motrices sur la vitesse de réponse. Si les dimensions motrices sont impliquées dans la tâche de catégorisation, nous aurions pu attendre des temps de réponses plus rapides lorsqu'une main était présente ainsi que lorsque l'outil avait le manche orienté vers la droite.

Nous avons réalisé une Anova à mesures répétées sur les temps de réponses avec le logiciel Jasp (Team, 2018) avec trois facteurs manipulés en intra-sujet (voir figure 11) : la relation entre l'outil et la cible (compatible *vs.* incompatible), l'orientation de l'outil (droite *vs.* gauche) et la présence d'un effecteur (objet tenu par une main *vs.* objet seul).

Nous avons d'abord vérifié que l'ordre de présentation n'avait pas influencé les réponses, ce n'est effectivement pas le cas ($p>0.1$), que l'on présente l'outil ou la cible en premier n'impacte pas les temps de réponses. Nous observons un effet principal de la relation entre l'outil et la cible $F(1.47)=10.824$, $p=0.002$, $\eta^2_{\mathrm{p}}=0.187$. Les participants sont plus rapides dans la tâche de catégorisation lorsque les deux objets sont habituellement utilisés ensemble que lorsque ce n'est pas le cas. En revanche, nous n'observons ni effet de l'orientation de l'outil ($F(1.47)=0.215$, $p>0.6$, $\eta^2_{\mathrm{p}}=0.005$), ni effet de la présence d'un effecteur ($F(1.47)=1.176$, $p>0.2$, $\eta^2_{\mathrm{p}}=0.024$). Par ailleurs, aucun effet d'interaction n'apparaît (tous $p>0.4$).

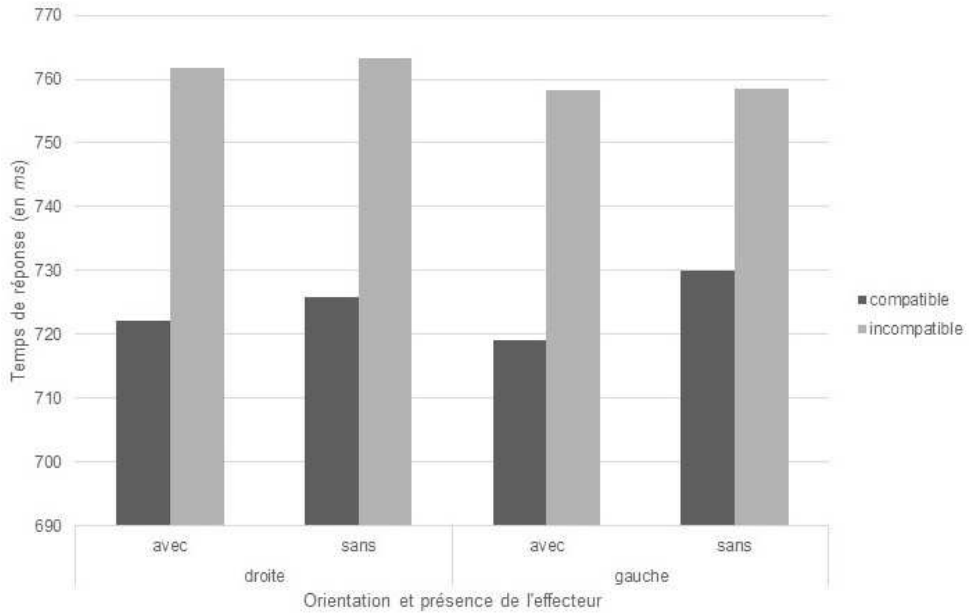


Figure 11 – Temps de réponses en fonction de la relation outil/cible et des dimensions motrices (orientation et présence de l'effecteur).

Ces résultats semblent corroborer notre hypothèse selon laquelle les effecteurs ne sont pas nécessaires à la reproduction des effets observés par Bach et al. (2005). Par ailleurs, l'orientation de l'outil (qu'il soit tenu ou non) n'impacte pas les temps de réaction des individus. Les résultats obtenus suggèrent que pour qu'un couple d'objets soit jugé comme habituel, les participants n'ont pas recours à une simulation motrice ; tout du moins, lorsque la consigne leur demande de juger rapidement.

Nous pourrions imaginer qu'avant de simuler l'action motrice à réaliser, le participant s'intéresse d'abord à la possibilité d'atteindre un but satisfaisant ou non. Lorsqu'une association ne peut donner aucun résultat pertinent, il n'est pas nécessaire d'imaginer quel mouvement réaliser ni comment. Bach suggère que les représentations d'action ne codent pas l'action elle-même mais plutôt un but défini en termes spatial et fonctionnel qui doit être atteint grâce à la réalisation de l'action.

Ces résultats peuvent sembler en contradiction avec ceux que nous avions obtenus dans l'expérience 1, laquelle indiquait que – dans la continuité des travaux de Witt et al. (2010) – la vue d'un objet saisissable activait les dimensions motrices qui lui étaient associées,

et que la simulation de ces dimensions pouvait être bloquée par une tâche d'interférence motrice (*e.g.,* en faisant tenir une balle en mousse dans la main droite du participant). Cette contradiction apparente pourrait s'expliquer par l'absence de contexte dans les deux études citées précédemment. En effet, celles-ci proposaient au participant de réaliser une tâche sur le seul outil (*i.e.,* tâche de dénomination ou de reconnaissance de l'outil). Or, dans l'expérience que nous présentons ici, comme dans celle de Bach et al., l'outil est présenté aux côtés d'une cible, potentialisant ainsi une action à réaliser pour modifier l'environnement.

Il semblerait que la réalisation d'une tâche sur un simple outil, présenté sans contexte, ne pouvant donner lieu à l'anticipation d'un quelconque résultat, puisse conduire à une simulation des dimensions motrices qui lui sont associées (Barsalou, 1999). En revanche, dès lors que l'outil peut donner lieu à l'anticipation du résultat d'une action, la simulation motrice n'est plus le processus le plus pertinent ; c'est bien la fonctionnalité de la relation entre l'outil et la cible qui préoccupe le participant. Ce qui semble être important pour les individus, dans notre étude mais également dans celle de Bach et al., c'est bien la possibilité d'atteindre un but satisfaisant pour modifier son environnement.

Chapitre 3

Conséquences, utilisation et mémoire

L'expérimentation présentée ci-dessous avait pour but de mettre à l'épreuve notre hypothèse selon laquelle la conséquence de l'action avait un impact sur les processus cognitifs qui mettent en jeu des outils, y compris lorsque la tâche ne requiert pas d'utilisation d'outils à proprement parler.

Cette étude est inspirée du protocole de l'expérience 2 de Federico & Brandimonte (2020). Leur étude était en partie basée sur des données oculométriques. Ils ont présenté aux participants des couples d'objets thématiquement cohérents ou non, puis les ont soumis à une tâche de reconnaissance de ces objets. Le protocole se déroulait comme indiqué sur la figure 12.

Leur étude avait pour but de mettre en avant l'importance des informations sémantiques dans l'exploration d'une scène visuelle, et d'examiner si ces explorations étaient modulées par le but de la tâche (i.e., ici dans une tâche de reconnaissance). Leurs résultats indiquent que lorsque l'on regarde des objets dans le but de les reconnaître, les fixations étaient plus longues sur les zones fonctionnelles (i.e., la pointe de l'outil, par opposition à la zone de manipulation que constitue le manche), indépendamment du fait que les objets soient habituellement utilisés ensemble ou non. Par ailleurs, les auteurs ont montré que les outils étaient plus rapidement reconnus dans les situations de cohérence thématique.

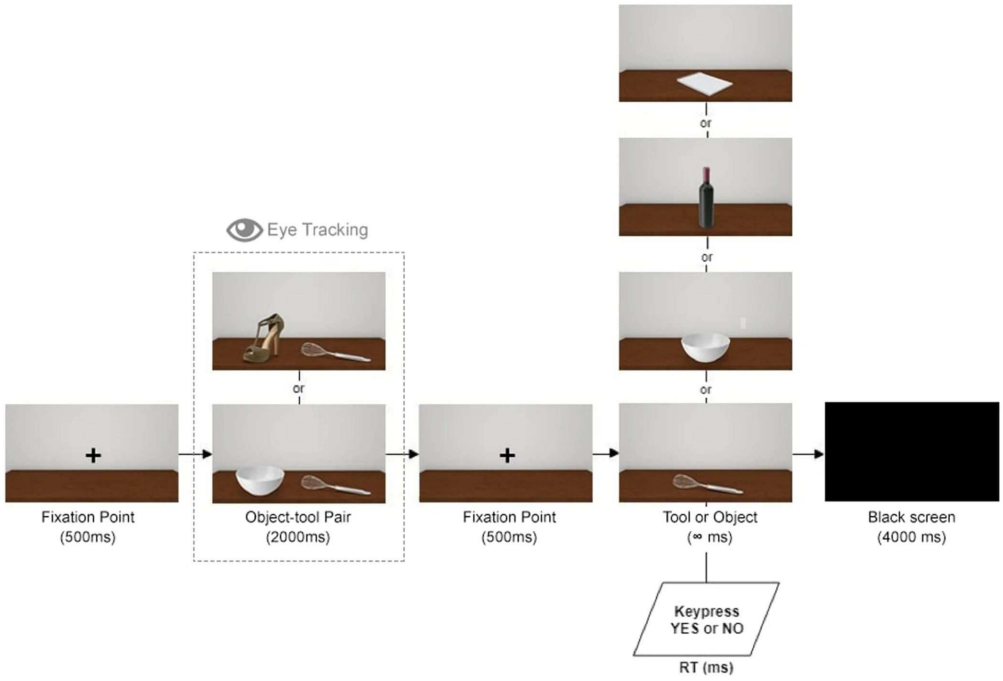


Figure 12 – Protocole de l'expérience 2 de Federico & Brandimonte (2020)

Dans notre étude, nous avons repris la présentation d'associations outil/cible habituelles ou inhabituelles[1] (e.g., marteau et clou *ou* clé à molette et clou), et nous avons immédiatement après choisi de présenter une conséquence positive ou négative (e.g., clou correctement enfoncé ou clou tordu). Ensuite, nous demandions au participant si l'outil à l'écran était déjà présent sur la présentation de la paire. Notre hypothèse était que les conséquences de l'action impacteraient les performances de la tâche de reconnaissance.

Méthode

Participants. 24 étudiants de l'Université Paul Valéry – Montpellier 3 ont été recrutés *via* les réseaux sociaux pour participer à notre étude. Tous étaient droitiers (sur la base de l'*Edinburgh Handedness Inventory*) et avaient une vue normale ou corrigée.

Matériel. Nous avons créé 12 paires d'outils et d'objets cibles, 6 étaient des associations *habituelles* (e.g., noix et casse-noix) et 6 étaient des associations *inhabituelles* mais possibles (e.g.,noix et maillet). Nous avons également créé 12 images de conséquences : 6

1. A noter que les associations inhabituelles sont des associations dans lesquelles l'outil peut permettre d'atteindre une conséquence positive, néanmoins ce n'est pas sa fonction première.

étaient *positives* (i.e., noix correctement ouverte), les 6 autres étaient *négatives* (i.e., noix écrasée). Pour limiter l'impact des couleurs, les images étaient des photographies d'objets en noir et blanc.

L'expérience se déroulait à distance, impérativement depuis un ordinateur, grâce à la version en ligne du logiciel OpenSesame (Mathôt & March, 2021).

Procédure. L'expérience durait environ 8 minutes. Les participants pouvaient lire les consignes qui indiquaient que chaque essai se décomposait ainsi :

1. Présentation d'un couple d'objets
2. Présentation d'un objet seul
3. Présentation d'un outil, pour lequel vous allez devoir dire le plus rapidement possible s'il faisait partie de la première image

Nous leur indiquions qu'il fallait appuyer sur la touche E de leur clavier Azerty si l'objet était déjà apparu, sur la touche Z si ce n'était pas le cas. Les touches de réponse ont été contrebalancées.

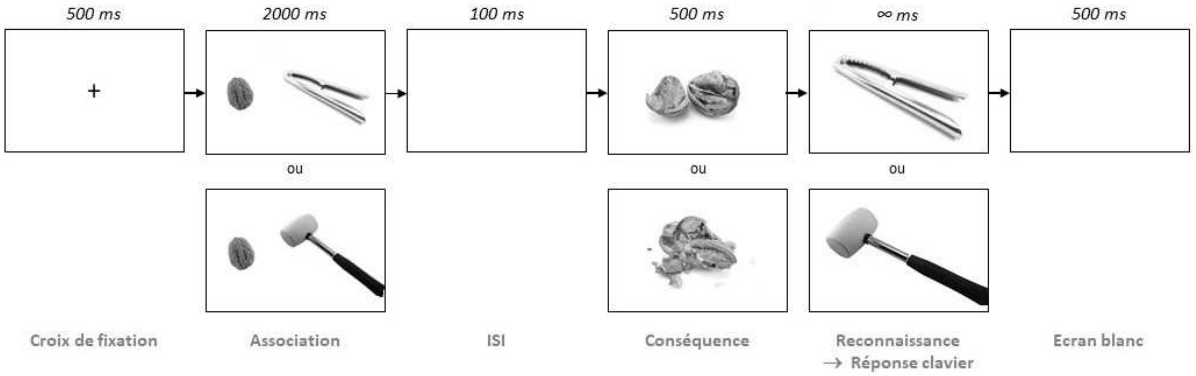


Figure 13 – Protocole de l'expérience 3

Il y avait 48 essais différents qui ont été répétés deux fois. Les essais se déroulaient comme suit (voir également figure 13) : une croix de fixation pendant 500ms, une association outil/objet (*habituelle* ou *inhabituelle*) pendant 2000ms, un intervalle inter-stimulus de 100ms, une conséquence (*positive* ou *négative*) pendant 500ms, ensuite un objet restait affiché à l'écran jusqu'à la réponse du participant. L'essai se terminait par un écran blanc d'une durée de 500ms.

Résultats et discussion

Pour les traitements statistiques, nous avons utilisé les temps de réponses sur la tâche de reconnaissance pour réaliser une Anova à mesures répétées avec le logiciel Jasp (Team, 2018) avec deux facteurs manipulés en intra-sujet : l'association outils/objets (habituelles *vs.* inhabituelles) et la conséquence présentée à l'écran (positive *vs.* négative).

L'analyse ne révèle pas d'effet de l'association outil/cible $F(1.23)$=0.041, p=0.841, η^2_p=0.002. Cela semble indiquer que les temps de réaction ne sont pas influencés par la seule relation entre les objets. Les résultats n'indiquent pas non plus d'effet de la conséquence sur les temps de réaction, $F(1.23)$=0.088, p=0.77, η^2_p=0.004. Les temps de réaction ne sont donc pas modulés par la seule conséquence.

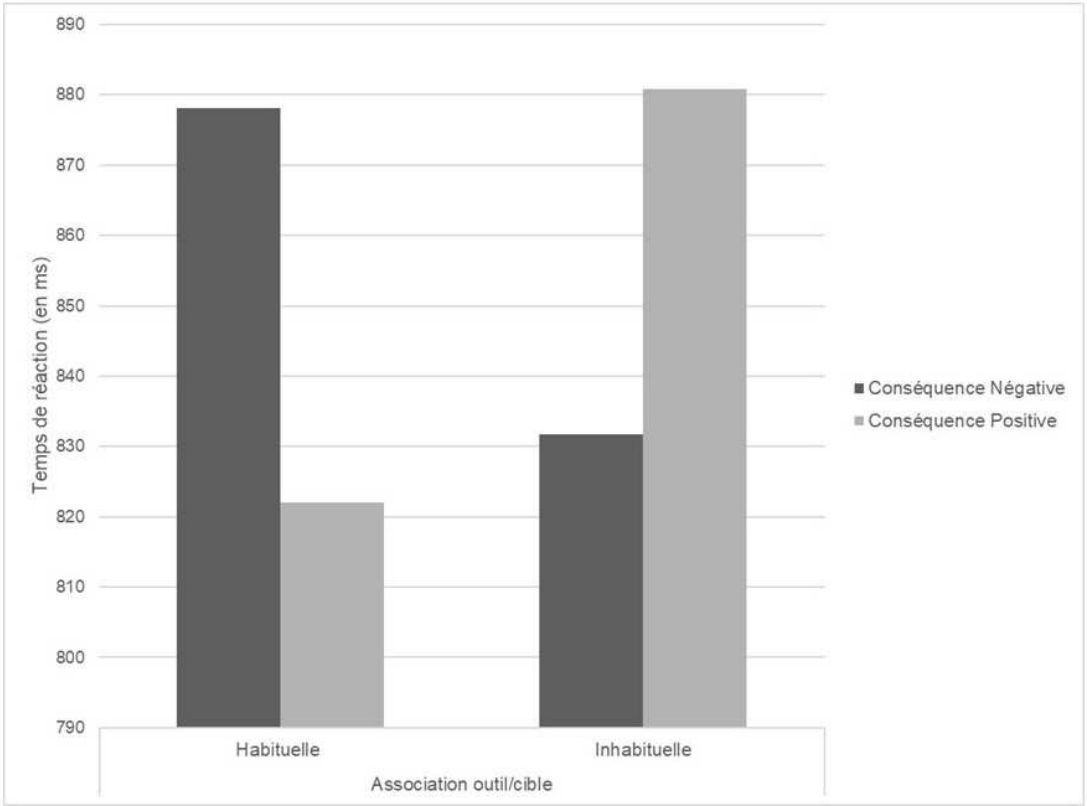


Figure 14 – Temps de réaction en fonction de la conséquence et de l'association entre l'outil et la cible

En revanche, nous observons un effet d'interaction de la conséquence et de l'association outil/cible $F(1.23)$=8.307, p=0.008, η^2_p=0.265. Les résultats montrent que les parti-

cipants sont plus rapides dans la tâche de reconnaissance lorsque l'association habituelle est suivie d'une conséquence positive et lorsque l'association inhabituelle est suivie d'une conséquence négative, par rapport aux conditions inverses (voir figure 14).

Nous avons décomposé l'interaction avec un test t de Student. Les résultats indiquent une différence significative lors d'une association habituelle entre les conséquences positives et les conséquences négatives ($t(23)$=2.214, p=0.037). Lors d'une association inhabituelle la différence entre les conséquences négatives et positives est seulement tendancielle ($t(23)$=1.193, p=0.059). Lorsque les conséquences sont positives, la différence entre entre les associations habituelles et inhabituelles est significative ($t(23)$=2.331, p=0.029). En revanche, lorsque les conséquences sont négatives nous n'observons pas de différences entre les associations habituelles et inhabituelles ($t(23)$=1.543, p=0.136).

Les participants ne semblent influencés ni par la seule association, ni par la seule conséquence lorsqu'ils doivent indiquer si un outil est déjà apparu ou non. En revanche, leurs temps de réaction sont influencés par l'interaction entre l'association et la conséquence qui suit. Lorsque la conséquence est positive dans une association habituelle et lorsqu'elle est négative dans une association inhabituelle les participants sont plus rapides.

Les résultats de Federico & Brandimonte (2020) indiquaient que les participants étaient plus rapides dans les situations de cohérence thématique (*e.g.,* un bol et un fouet) que lorsqu'elles étaient incohérentes (*e.g.,* une chaussure et un fouet). Les données oculométriques mettaient en évidence des fixations plus longues sur les zones fonctionnelles que sur les zones de manipulation. Ainsi, les auteurs ont suggéré que les informations sémantiques étaient plus importantes que les informations sensori-motrices. Notre travail, sans contredire les travaux précédents, met en évidence un élément supplémentaire : celui de l'importance du lien entre la relation outil/cible et la conséquence. Dès lors que l'association outil/cible est suivie par une image de conséquence issue de la réalisation de l'action, les temps de réponses des participants sont modulés.

Ces résultats semblent indiquer que les participants associent plus facilement une relation habituelle avec une conséquence positive et une relation inhabituelle avec une conséquence négative ; ces associations facilitent ainsi un traitement cognitif ultérieur (ici, dans

une tâche de reconnaissance). Lorsque nous considérons que l'action outillée repose sur le besoin d'atteindre un objectif satisfaisant pour modifier notre environnement, il n'est pas surprenant que les participants associent les relations habituelles avec les conséquences positives et les relations inhabituelles avec les conséquences négatives. Cela permet de sélectionner l'action la plus appropriée pour atteindre le but imaginé.

En outre, il est intéressant de noter que la seule association ne suffit pas à impacter les performances sur la tâche de reconnaissance. Ce résultat nous conduit à nous interroger sur l'explication de Federico & Brandimonte qui concluait à la prédominance des connaissances sémantiques par rapport aux connaissances sensori-motrices. Nous pourrions considérer que les connaissances sémantiques ne concernent pas seulement la nature de l'association (*i.e.,* habituelle ou inhabituelle) mais qu'elles incluent aussi la conséquence attendue de l'action. Cela expliquerait assez bien le fait que les associations habituelles avec une conséquence positive conduisent à des temps de réponses plus rapides. Pour la relation entre association inhabituelle et conséquence négative, l'explication est moins pertinente. En effet, nous avions pré-testé notre matériel de telle sorte à ce que les répondants au pré-test ont défini les associations inhabituelles mais possibles à la question « quel autre outil peut être utilisé pour atteindre le même but ? ». Dans ce contexte, il est difficile d'imaginer que les temps de réponse plus courts dans l'association inhabituelle suivie d'une conséquence négative puissent s'expliquer par une inexistence de connaissance sémantique sur cette association.

L'anticipation des conséquences attendues de l'action est rapide lorsqu'elle est basée sur des expériences antérieures. A l'inverse, lorsque nous faisons face à des associations inhabituelles, l'anticiaption des conséquences prend plus de temps. Dans ce contexte, les participants associeront plus facilement la conséquence positive avec l'association habituelle et la conséquence négative avec l'association inhabituelle. Nous mettons plus de temps à anticiper une conséquence positive lorsque la connaissance sémantique n'est pas ancrée.

Chapitre 4

Acquisition, fonction et conséquences

Introduction

Nous avons repris un paradigme SRE (Stimulus, Response, Effect), tel que proposé par Kunde (2001). En effet, Kunde a montré que de la même manière que des effets de compatibilité pouvait apparaître entre un stimulus et une réponse, nous pouvions créer une compatibilité entre la réponse et l'effet de celle-ci. Camus, Hommel, Brunel, et Brouillet (2018) ont par exemple montré que le lien entre une réponse motrice (*i.e.,* dispositif de réponse reproduisant une saisie fine ou à pleine main) et un effet (*i.e.,* affichage d'un objet faisant appel à une saisie fine ou à pleine main) impactait une tâche de catégorisation ultérieure.

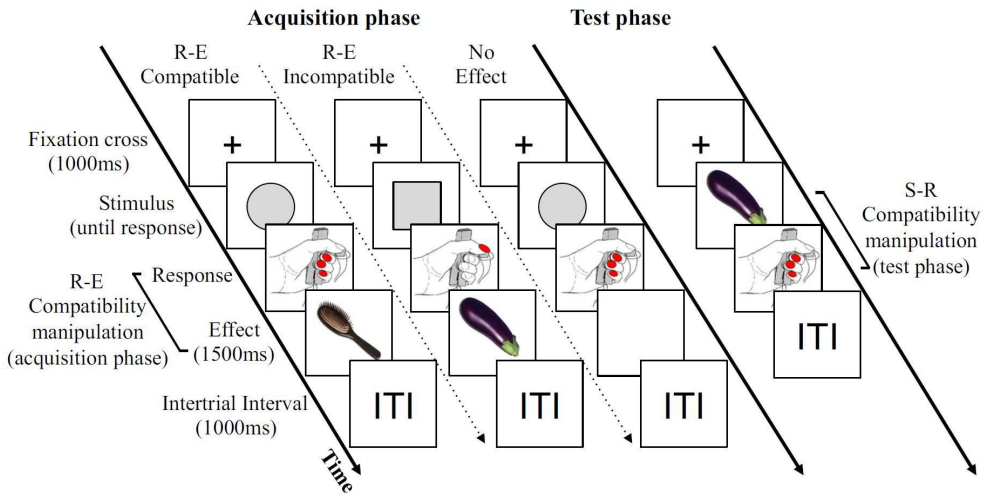


Figure 15 – Protocole de l'étude de Camus et al., (2018).

Nous voulions donc dans notre étude voir si ces effets de compatibilité pouvait apparaître sans tenir compte des dimensions motrices, seulement sur la base d'une association entre un outil et une conséquence. En somme, est-ce que l'association d'une conséquence avec un outil lors d'une phase d'acquisition peut impacter le choix ultérieur de l'outil pour réaliser une action ?

Méthode

Participants

Les 18 participants à notre étude ont été recrutés par internet, sur les groupes d'un réseau social regroupant des étudiants de licence de l'Université Paul Valéry.

Matériel

Pour la première phase, nous avons conçu 9 trio (soit 27 images) composés à chaque fois d'un objet cible (e.g., boulon), de l'outil habituellement utilisé pour agir dessus (e.g., clé plate) et d'un outil qui n'est pas conçu pour cela mais qui est utilisable sur l'objet (e.g., pince). Ces 27 images ont toutes été coloriées en mauve et en bleu. Par ailleurs, nous avons photographié en noir et blanc 18 conséquences, parmi lesquelles 9 étaient positives (e.g., le boulon est correctement vissé) et 9 étaient négatives (e.g., le boulon est en travers). Pour la seconde phase, nous avons utilisé les 9 trios, cette fois-ci en noir et blanc.

Les participants passaient l'expérience sur leur ordinateur personnel grâce à la plateforme en ligne d'OpenSesame (Mathôt & March, 2021), celle-ci durait entre 10 et 15 minutes.

Procédure

Les participants étaient répartis en deux groupes, ceux pour qui l'outil habituel était suivi d'une conséquence positive (*i.e.,* la condition compatible) et ceux pour qui c'était l'outil inhabituel qui était associé à la conséquence positive (*i.e.,* la condition incompatible). L'expérience se déroulait en deux phases : une phase d'acquisition et une phase de test (voir figure 16).

La phase d'acquisition comportait 72 essais, soit 8 présentations de chaque trio. L'es-

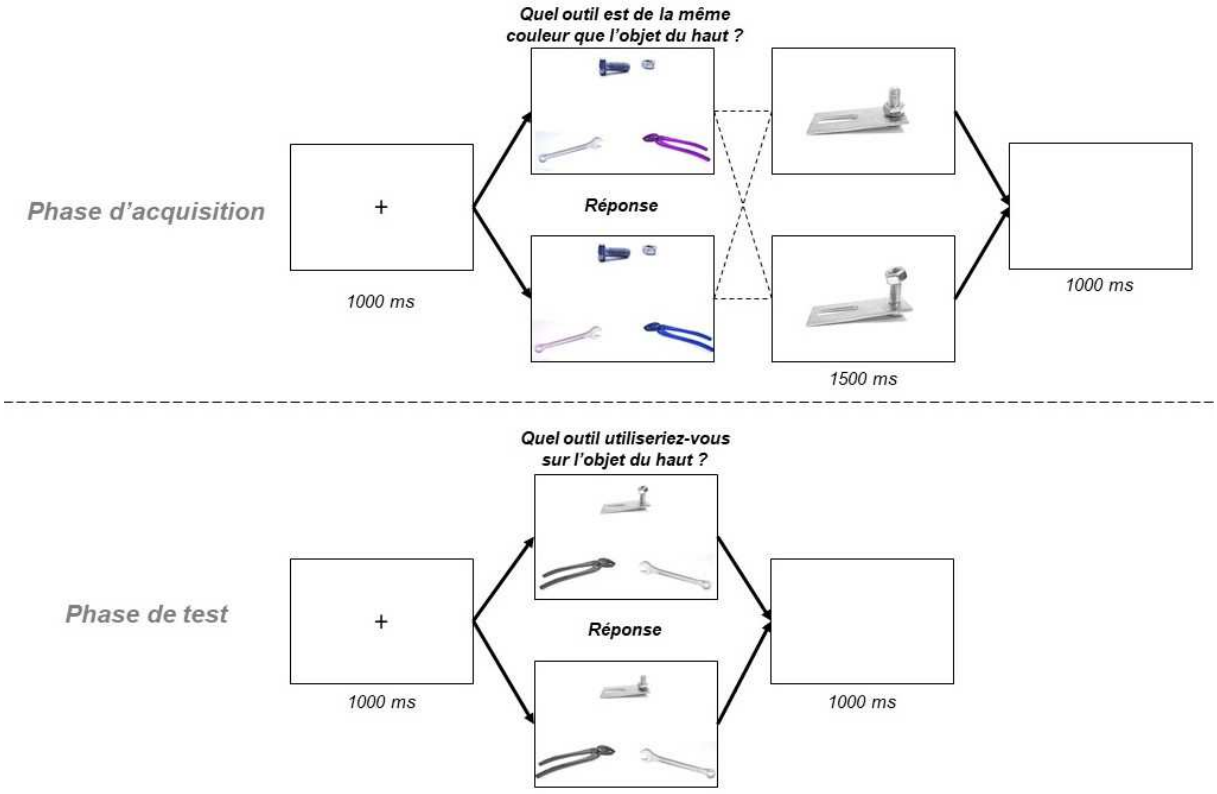


Figure 16 – Protocole de l'étude 4

sai débutait par une croix de fixation de 1000 ms, puis les participants devaient dire quel outil était de la même couleur que l'objet du haut, apparaissait ensuite une conséquence pendant 1500 ms, suivie d'un écran blanc de 1000 ms. Pour la moitié des essais il fallait cliquer sur l'outil "habituel", pour l'autre moitié sur l'outil "inhabituel". Les côtés d'apparition de l'outil ont été contrebalancés.

La phase de test comprenait également 72 essais, soit une fois encore toutes les combinaisons possibles. Chaque essai se déroulait ainsi : une croix de fixation pendant 1000 ms, le participant devait ensuite dire quel objet il utiliserait sur l'image du haut, suivait un écran blanc de 1000 ms. Pour chaque essai était présentée une des deux conséquences possibles (i.e., positive ou négative) ainsi que les deux outils. De la même manière que dans la phase d'acquisition nous avons veillé à contrebalancer les côtés d'apparition des outils.

Résultats et discussion

Dans cette dernière étude, nous voulions voir si le choix d'un outil dans une phase de test pouvait être différent si nous manipulions l'association entre un outil et une conséquence perçue dans une phase d'acquisition.

Nous avons d'abord regardé si la première phase, qui devait simplement permettre au participant d'acquérir de nouvelles relations outil/cible, avait été impactée par la condition expérimentale (condition compatible *vs* incompatible). Pour cela nous avons réalisé un test t pour groupes indépendants. Les résultats n'indiquent ni effet de la condition sur les temps de réponse ($t(16)$=0.464, p=0.649) ni sur la capacité du sujet à sélectionner l'outil de la même couleur que la cible ($t(16)$=1.687, p=0.111).

Pour ce qui est de la phase de test, nous avons cherché à comprendre les conditions dans lesquelles les participants répondent qu'ils utiliseraient l'outil inhabituel pour agir sur la cible. Nous avons conduit une Anova à mesures répétées à deux facteurs : la condition expérimentale en inter-sujet (compatible *vs* incompatible) et le type de conséquence présentée en intra-sujet (positive *vs* négative). Nous avons choisi comme variable dépendante le nombre de fois pour lesquelles le sujet a choisi l'objet inhabituel, puisque ce qui nous intéressait ici c'était de comprendre ce qui poussait à sélectionner un autre outil que celui habituellement utilisé.

Les résultats n'indiquent pas d'effets de la conséquence présentée : $F(1.16)$=1.021, p=0.327, η^2_{p}=0.060, que la cible soit positive ou négative ne modifiait pas le choix de l'outil. Nous n'observons pas non plus d'effets de la condition : $F(1.16)$=0.282, p=0.603, η^2_{p}=0.017. En revanche, nous constatons que l'interaction entre les deux facteurs est elle significative : $F(1.16)$=7.359, p=0.015, η^2_{p}=0.315.

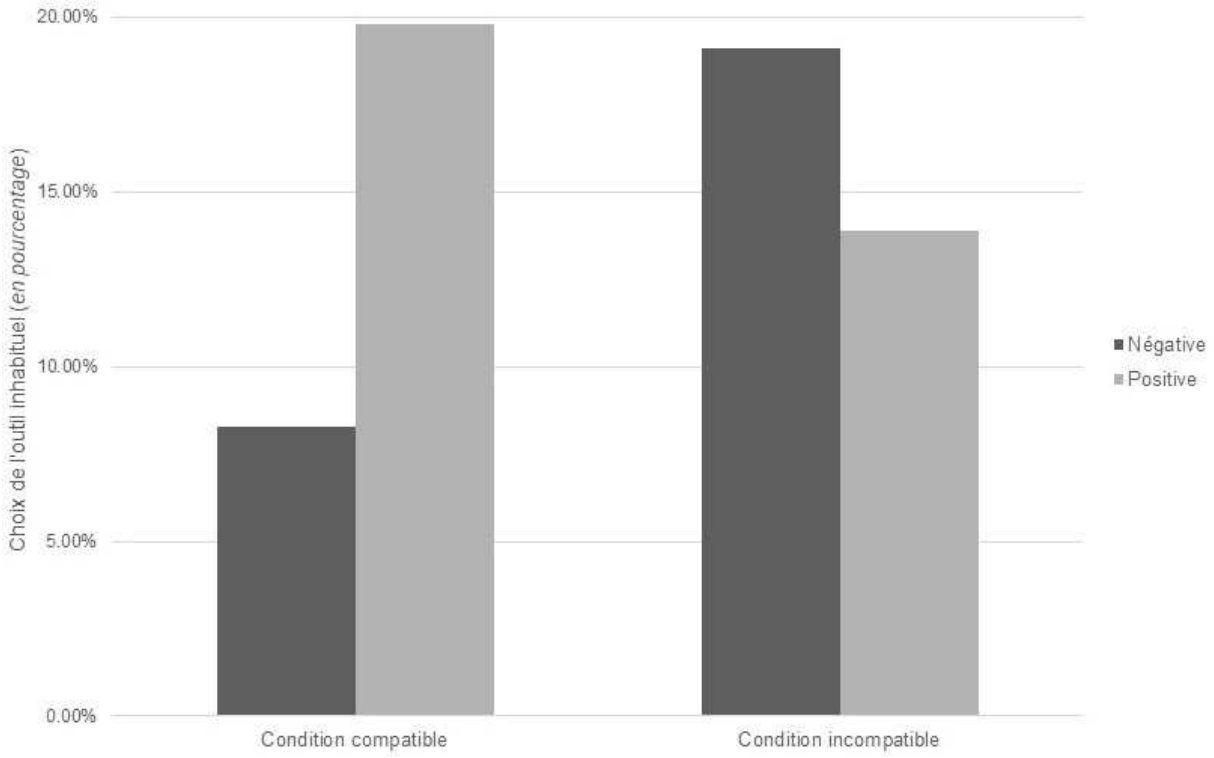


Figure 17 – Proportion de sélection de l'outil "inhabituel" en fonction de la condition et de la conséquence.

Les tests post hoc que nous avons réalisé n'indiquent aucune différence significative, ni entre conséquences négatives et positives en condition compatible ($t(16)$=2.633, p_{bonf}=0.109), ni dans dans la condition incompatible ($t(16)$=1.204, p_{bonf}=1). Il n'y a pas non plus de différences entre les conditions compatibles et incompatibles, tant lorsque la conséquence est positive ($t(16)$=1.061, p_{bonf}=1) que lorsqu'elle est négative ($t(16)$=1.945, p_{bonf}=0.372).

Ces résultats semblent indiquer que les participants de la condition compatible (*i.e.,* association outil habituel - cible positive et outil inhabituel - cible négative) choisissent l'objet inhabituel pour agir sur la cible lorsque celle-ci est présentée positivement, à l'inverse dans la condition incompatible (*i.e.,* association outil inhabituel - cible positive et outil habituel - cible négative) ils choisissent l'objet inhabituel quand la conséquence est négative.

Si nous observions une simple compatibilité entre la réponse et l'effet, les résultats

auraient du indiquer une sélection de l'outil inhabituel avec la conséquence qui lui était associée dans la phase d'acquisition, en condition compatible ils l'auraient choisi quand la conséquence était négative, et en condition incompatible lorsque la cible était négative.

Or les résultats obtenus indiquent autre chose, ils pourraient suggérer que nous créons effectivement une association entre un outil et une conséquence, néanmoins celle-ci ne conduit pas à une simple association dans la phase de test, mais bien à une recherche de modification de la conséquence.

Ces résultats sont surprenant, ainsi, nous avons choisi de regarder les temps de réponse dans la phase de test. Notre objectif était de voir si l'association dans la phase d'acquisition avait modulé la vitesse de choix de l'outil. Ainsi, nous avons réalisé une Anova à mesures répétées sur les temps de réponse avec deux facteurs : la condition en inter-sujet (compatible *vs.* incompatible) et la conséquence présentée en intra-sujet (positive *vs* négative).

Les résultats indiquent seulement un effet tendanciel de la conséquence : $F(1.16)$=3.499, p=0.08, η^2_{p}=0.179. Nous n'observons ni effet de la seule condition ($F(1.16)$=0.085, p=0.774, η^2_{p}=0.005), ni effet d'interaction entre la conséquence présentée et la condition ($F(1.16)$=0.0004, p=0.984, η^2_{p}=0.00002).

Les participants semblent seulement plus rapides pour choisir l'outil qui leur semble approprié lorsque la conséquence est positive. Pris ensemble, ces résultats suggèrent que la phase d'acquisition ne permet pas d'intégrer l'association entre un outil et les conséquences qu'il produit. Cela peut-être dû à un manque de répétition des associations ou au fait que ces associations ne sont pas durables. D'autres expériences sont indispensables pour pouvoir tirer des conclusions de cette étude, notamment en présentant en phase de test une cible n'ayant pas subi de modifications pour voir si l'outil associé à la conséquence positive est plus choisi, y compris s'il ne s'agit pas de l'objet habituel.

Si ces études ultérieures venaient à confirmer l'absence d'effet de l'association entre un outil et une conséquence, alors il pourrait y avoir deux explications possibles. La première pourrait considérer que ces associations sont ancrées dans les conséquences sémantiques et qu'il est difficile d'en modifier le contenu par une simple manipulation expérimentale.

La seconde explication -que nous défendons ici- propose que le choix d'un outil émerge d'une situation, peu importe l'apprentissage qui est fait précédemment. Le fait que nous observions une différence sur les temps de réponse en fonction de la conséquence et non pas de l'association, pourrait être un argument en faveur de la seconde explication.

Chapitre 5

Rôle de la conséquence dans les jugements de fonctionnalité

Après avoir mis en évidence la place de la conséquence dans des tâches impliquant des outils, nous avons souhaité mettre à l'épreuve notre hypothèse selon laquelle cette conséquence pouvait moduler les jugements de fonctionnalité d'un outil.

Pour résumer, est-ce que la perception d'une noix ouverte ou d'une noix écrasée peut influencer le jugement que nous faisons du casse-noix et du maillet ?

Méthode

Participants. 24 étudiants de première année de licence en psychologie à l'Université Paul Valéry - Montpellier III ont volontairement participé à notre étude. Ils avaient tous une vue normale ou corrigée, et tous ont signé un formulaire de consentement libre et éclairé avant de participer à notre étude.

Matériel. Nous avons photographié les objets de 9 trio composés à chaque fois d'un objet cible (*e.g.,* noix), de l'outil habituellement utilisé pour agir dessus (*e.g.,* casse-noix) et d'un outil inhabituel mais possible (*e.g.,* maillet). Les cibles ont été photographiées dans trois conditions expérimentales : cible n'ayant pas subi de modification (*e.g.,* noix présentée entière), cible ayant subi une conséquence négative (*e.g.,* noix eclatée) et cible ayant subi une conséquence positive (*e.g.,* noix correctement ouverte). Nous avions donc au total 54 associations différentes.

L'expérience a été programmée sur le logiciel OpenSesame. Elle a été pilotée depuis

un ordinateur portable HP auquel nous avons connecté un pad filaire.

Procédure. Les participants étaient reçus individuellement pendant une dizaine de minutes dans une pièce calme. Après avoir complété et signé le formulaire de consentement, ils étaient placés en face de l'ordinateur avec un pad devant eux.

La consigne était affichée à l'écran et indiquait au participant qu'il allait voir successivement deux photographies d'objets et que leur tâche serait d'indiquer en déplaçant le curseur du pad sur l'échelle s'ils pensaient que le premier objet était approprié pour agir sur le second (*i.e.,* pour la moitié des participants : le second objet était approprié pour agir sur le premier).

Les essais se déroulaient comme suit : une croix de fixation était affichée pendant 300 ms, suivie d'un écran blanc de 400 ms, la présentation de l'outil (habituel ou inhabituel) pendant 800 ms, la présentation de la cible (sans conséquence, conséquence positive ou conséquence négative) et enfin était affichée l'échelle jusqu'à la réponse du participant (voir figure 18). Pour la moitié des participants, l'ordre entre l'apparition de l'outil et de la cible était inversé. Les 54 associations ont été présentées trois fois aux participants dans un ordre aléatoire.

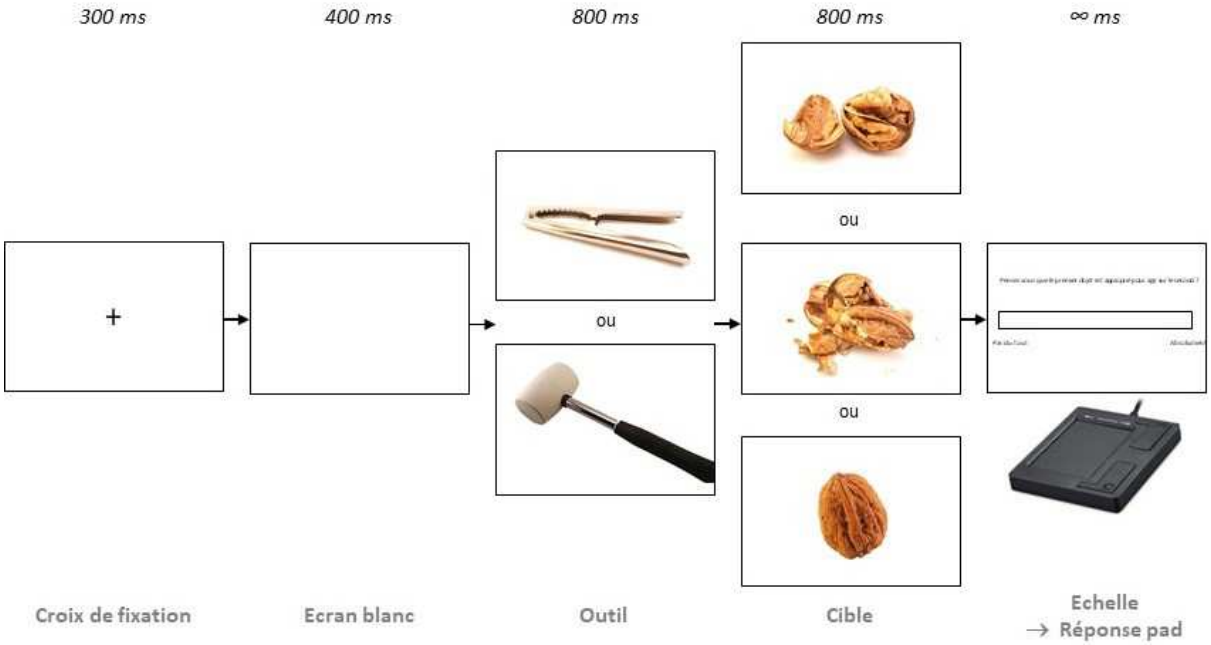


Figure 18 – Protocole de l'expérience 3

L'échelle affichée à l'écran allait de -448 pixels *pas du tout* à +448 pixels *absolument*, à l'écran elle mesurait 18,5 cm sur 1,5 cm de hauteur. Les résultats ont été enregistrés en terme de position du curseur au moment du clic.

Résultats et discussion

Dans cette dernière étude, nous nous attendions à observer un effet de l'association entre l'outil et la cible (habituelle *vs* inhabituelle) qui serait modulé par la conséquence présentée.

Nous avons réalisé une Anova à mesures répétées à deux facteurs en intra-sujet sur la position horizontale du curseur sur l'échelle : relation entre l'outil et la cible (habituelle *vs* inhabituelle) et la conséquence (négative *vs* sans *vs* positive).

Nous observons un effet principal significatif de l'association $F(1.23)=180.096$, $p<0.001$, $\eta^2_{\mathrm{p}}=0.887$. Les participants jugent comme plus appropriées les associations habituelles entre outil et cible que les associations inhabituelles. La conséquence produit elle aussi un effet significatif[1] $F(1.174,26.996)=18.542$, $p<0.001$, $\eta^2_{\mathrm{p}}=0.446$. Les participants jugent l'outil comme étant plus approprié lorsque la cible n'a pas subi de conséquences. Par ailleurs, l'interaction entre l'association outil/cible et la conséquence est elle aussi significative $F(1.929,44.362)=13.112$, $p<0.001$, $\eta^2_{\mathrm{p}}=0.363$.

Lorsque nous décomposons l'interaction à l'aide d'un test t de Student, nous obtenons une différence significative entre association habituelle et inhabituelle avec une conséquence positive ($t(23)=10.843$, $p<0.001$), sans conséquence ($t(23)=13.578$, $p<0.001$) et avec une conséquence négative ($t(23)=13.412$, $p<0.001$). Nous observons une différence significative entre l'absence de conséquence et la conséquence positive lors d'une association habituelle ($t(23)=5.006$, $p<0.001$) ainsi que lors d'une association inhabituelle ($t(23)=3.341$, $p=0.003$). Lors d'une association habituelle, nous observons une différence entre l'absence de conséquence et la conséquence négative ($t(23)=4.613$, $p<0.001$), le même effet est observé lors d'une association inhabituelle ($t(23)=3.343$, $p=0.003$). Nous

1. Il est à noter que le test de sphéricité de Mauchly donnait un résultat significatif. Nous avons donc appliqué la correction de Greenhouse-Geisser.

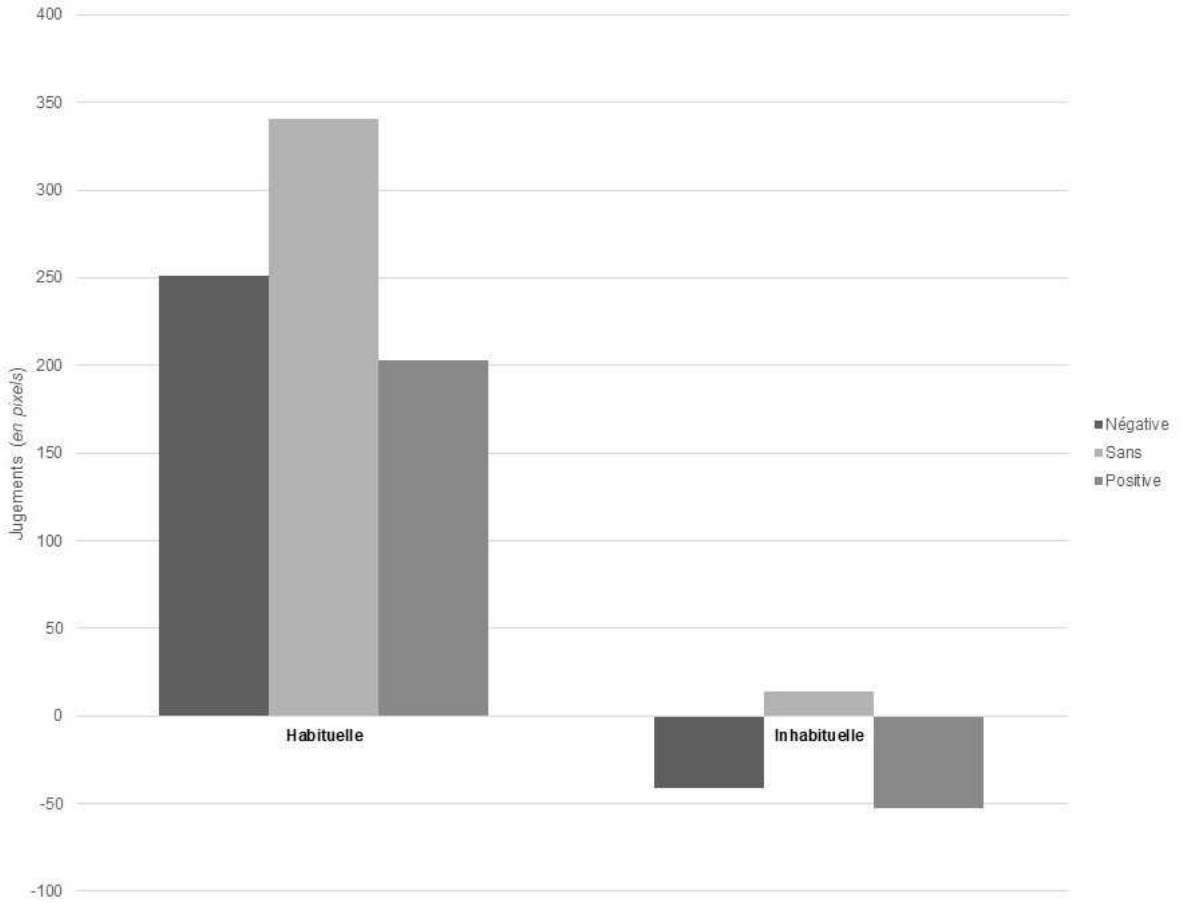


Figure 19 – Résultats de l'expérience 5

constatons également une différence significative entre conséquence positive et négative dans une association habituelle ($t(23)$=3.22, p=0.004). En revanche, il n'y a pas de différence entre les deux types de conséquence dans le cas d'une association inhabituelle ($t(23)$=1.627, p>0.1).

Les résultats de cette cinquième étude nous montrent une nouvelle fois que l'association outil/cible joue un rôle central dans les jugements de fonctionnalité de l'outil pour agir sur une cible. Par ailleurs, cette étude nous permet de mettre en avant l'idée selon laquelle la conséquence perçue module ces mêmes jugements.

Si l'objet cible a atteint une conséquence positive, l'utilisation de l'outil sur elle perd de son caractère "approprié". En revanche, si la cible n'a subi aucune conséquence, l'outil redevient "approprié". Plus intéressant encore, lorsque la cible a été endommagée (*i.e.,* conséquence négative), l'outil redevient "approprié". Nous pouvons considérer que ces

réponses sont intrinsèquement liées à la consigne qui était donnée aux participants : est-ce approprié d'utiliser un outil sur un objet cible qui a déjà été modifié pour atteindre un but satisfaisant ? Est-ce plus "simple" d'utiliser un outil sur une cible n'ayant pas été modifiée par rapport à une cible endommagée ? La présentation de la conséquence pousse à anticiper la conséquence positive, ce qui est plus coûteux dès lors que la cible a déjà été endommagée alors qu'une action simple peut être réalisée sur une cible n'ayant pas été modifiée.

De façon plus générale, nous obtenons à nouveau un effet de l'association et de la cible. Cette fois-ci, les deux facteurs impactent les résultats individuellement et en interaction. Il semble donc que lorsque l'on demande aux participants d'indiquer s'ils jugent que l'outil est approprié pour agir sur la cible, ils ne prennent pas en compte leurs seules connaissances sémantiques (*i.e.,* qui renvoient à l'association habituelle *vs* inhabituelle) mais tiennent également compte de la conséquence affichée à l'écran. Ainsi, nous pourrions conclure que les outils ont une fonction inscrite dans les connaissances sémantiques de l'individu, mais que celles-ci sont dépendantes du contexte et, en particulier, de l'état de l'objet sur lequel l'outil va agir par la suite. Dans ce cadre, nous suggérons qu'au delà de ces fonctions intrinsèques, les outils puissent avoir une fonctionnalité qui émerge de la situation.

Troisième partie

Discussion générale

Chapitre 1

Principaux enseignements du travail de thèse

1.1 Rappel du contexte et des objectifs

Cette thèse avait pour objectif de mettre en avant l'importance de l'anticipation des conséquences de l'action outillée et de tenter de proposer une approche de la fonctionnalité qui reposerait en partie sur cette anticipation. La littérature en psychologie cognitive s'est beaucoup intéressée à l'utilisation d'outils et aux processus cognitifs qui y étaient liées, mais nous sommes loin d'avoir compris ce qui se passe lorsque je me saisis d'un tournevis pour assembler deux planches et encore moins lorsque j'utilise un couteau (*i.e.,* un objet qui n'a pas été initialement conçu pour cela) pour les visser entre elles. Dès lors, nous nous sommes demandés en quoi la conséquence anticipée de l'action outillée pouvait contribuer à faire émerger de nouvelles fonctionnalités ?

Avant de tenter de répondre à cette question, nous avons jugé utile de recontextualiser les travaux de la psychologie cognitive dans un champ de recherche plus global. La découverte de la capacité de l'animal à fabriquer et utiliser des outils est relativement récente, et n'était pas une évidence dans le monde de la primatologie des années 1960 (Van Lawick-Goodall, 1971). En revanche, dès lors que ces comportements ont été découverts chez l'animal, les recherches dans le domaine se sont considérablement développées au point que nous savons aujourd'hui que nous sommes loin d'être la seule espèce à utiliser des outils. Néanmoins, il semblerait que nous soyons la seule espèce en mesure de réaliser des actions complexes qui permettent une action qualitativement différente de ce que le

corps seul pourrait faire (*e.g.,* utiliser un couteau pour couper, ce que la main seule ne pourrait pas faire) ; l'animal étant quant à lui limité à des actions simples qui permettent seulement d'augmenter ses capacités corporelles (*e.g.,* utiliser un marteau pour augmenter sa capacité de percussion)(Frey, 2007).

Le développement chez l'enfant de cette capacité à utiliser des outils de façon simple ou complexe fait encore l'objet de débats dans la littérature : entre une approche qui considère que l'enfant utilise des outils seulement lorsqu'il a acquis une forme de pensée symbolique (Piaget, 1977), une approche qui suggère que les mouvements exploratoires du nourrisson préfigurent les mouvements outillés qui viendront ensuite (Lockman, 2000), et enfin, une approche hybride qui va proposer que les mouvements du nourrisson préfigurent effectivement les futurs mouvements outillés qui ne pourront être réalisés complètement que lorsque l'enfant aura acquis une forme de pensée symbolique (Fagard et al., 2012). Plus largement, ceux qui se sont intéressés au sujet de l'utilisation d'outils pointent les difficultés à faire des liens entre disciplines pour comprendre les mécanismes à l'oeuvre. D'aucuns proposent ainsi de créer une discipline qui s'intéresserait à l'utilisation d'outils ou au rapport de l'Homme à la technique plus largement ; ils l'appellent technition (Osiurak et al., 2020), intoolligence (Osiurak & Heinke, 2018) ou simplement technologie (Haudricourt, 1964).

Nous avons ensuite cherché à mieux appréhender les processus cognitifs qui sous-tendent l'utilisation d'outil en précisant que ce sont les travaux sur l'apraxie qui ont permis de mettre en évidence l'existence de deux systèmes fondamentaux : le système conceptuel et le système de production (Roy & Square, 1985 ; Gonzalez Rothi et al., 1991). Contrairement au système conceptuel, le système de production est plutôt clairement défini. Il aurait pour mission de transformer en comportement moteur contrôlé ce que le système conceptuel aura élaboré comme état du monde à atteindre. En revanche, le contenu du système conceptuel qui a vocation à imaginer l'environnement modifié suscite un débat dans la littérature entre les auteurs qui suggèrent qu'il est essentiellement basé sur les dimensions motrices (Binkofski & Buxbaum, 2013) et ceux qui considèrent qu'il est plutôt basé sur des connaissances diverses (Osiurak et al., 2017). Ces débats sur la

place du corps et de la situation dans l'utilisation d'outil se retrouve aussi lorsque nous évoquons l'impact des effets de l'action sur sa réalisation. Il semble désormais bien établi que les effets sur l'environnement sont mieux pris en compte que les effets liés au corps et à l'outil lors de la réalisation d'une action outillée.

Enfin, nous avons proposé d'appréhender deux concepts importants dans notre travail : les notions d'affordance et de fonction. Si l'affordance est un concept complexe à appréhender, c'est notamment parce que celui-ci a donné lieu à un grand nombre d'interprétations. Sur le plan théorique une opposition apparaît entre une approche qui considère que l'affordance provient de l'environnement et qu'elle est complétée par l'effectivité de l'individu (Turvey, 1992), la seconde approche proposant que celle-ci émerge de l'interaction entre l'individu et son environnement (Stoffregen, 2003). De plus, cette notion a conduit à un grand nombre de travaux expérimentaux usant du paradigme de compatibilité stimulus-réponse qui peuvent donner l'illusion que l'affordance ne serait rien de plus qu'une compatibilité visuo-motrice. La notion de fonction a été moins travaillée par les chercheurs en psychologie cognitive. Néanmoins, Barsalou et al. (2004) ont proposé une théorie HIPE pour rendre compte de la capacité de l'Homme à générer des connaissances sur la fonction des objets. Ainsi, ils suggèrent que ce que nous considérons comme la fonction des objets repose sur quatre piliers majeurs : l'histoire, la perspective intentionnelle, l'environnement physique et les évènements. Les quelques travaux expérimentaux sur le sujet mettent en avant l'existence d'un biais lié à l'intention du créateur allant jusqu'à générer une fixité fonctionnelle, empêchant ainsi d'utiliser un outil pour autre chose que ce pour quoi il a été initialement conçu.

Ces recherches bibliographiques nous ont permis de cerner les notions incontournables dès lors que nous nous intéressons aux actions outillées. Force est de constater que nous n'avons aujourd'hui qu'une compréhension partielle de ce qui se produit lorsque nous utilisons des outils. Ainsi, nous avons proposé deux sujets d'étude dans cette thèse : l'anticipation de la conséquence de l'action outillée et l'émergence de fonctionnalités nouvelles.

1.2 Principaux résultats et leurs limites

La partie expérimentale avait donc pour objectif d'appréhender le rapport de l'Homme à l'outil par le prisme de l'anticipation des conséquences de l'action pour tenter de définir une approche nouvelle : la fonctionnalité des outils. Dans ce contexte, nous avons réalisé cinq expériences.

La première avait pour but de démontrer que lors d'une tâche cognitive (ici une tâche de reconnaissance) nous ne considérions pas les outils comme les autres éléments de notre environnement. Pour cela, nous avons modifié l'expérience de Pecher et al. (2013) qui ne montraient pas de différence dans les performances de mémoire de reconnaissance d'objets manipulables ou non manipulables. En effet, les résultats obtenus dans notre étude indiquent que les participants sont moins certains de leurs réponses quand il s'agit d'objets manipulables par rapport aux objets non-manipulables. Par ailleurs, la tâche d'interférence semble être néfaste pour la capacité à discriminer les anciens items des nouveaux. Dans la publication issue de cette expérience, nous interrogions le rôle des dimensions motrices dans la mémoire de travail. Ainsi, nous proposions que les participants simulaient automatiquement les dimensions motrices associées aux objets manipulables et que la tâche d'interférence bloquant cette simulation, leur capacité à la réaliser rendait la tâche plus difficile. Par ailleurs, cette expérience nous permet de confirmer notre hypothèse selon laquelle les objets manipulables sont traités différemment d'autres éléments de l'environnement. En revanche, la nature des items manipulables qui pouvaient tous être considérés comme des outils ne peut nous conduire à affirmer que ce sont spécifiquement les outils qui sont traités différemment. Ainsi, il pourrait être intéressant de répliquer cette expérience en ajoutant une catégorie d'items correspondant à des objets manipulables qui ne sont pas des outils (*e.g.,* une ampoule).

Notre seconde expérience voulait questionner le rôle des effecteurs dans la compréhension de l'action. Pour ce faire, nous avons repris le protocole de Bach et al. (2005) qui suggérait que la compréhension de l'action reposait sur les dimensions fonctionnelles et spatiales qui liaient l'outil et la cible. Notre protocole proposait d'interroger l'impact de

la présence des mains et de l'orientation de l'outil dans cette compréhension. Ainsi, les participants devaient catégoriser le lien fonctionnel entre un outil et une cible (*i.e.,* habituellement ou rarement utilisé ensemble) ; ces couples d'objets pouvaient être compatibles (*e.g.,* un tournevis et une vis) ou incompatibles (*e.g.,* un tournevis et une gousse d'ail). Nous avons également choisi de manipuler l'orientation de l'outil et la présence d'une main le saisissant. Si les dimensions motrices avaient une importance dans la compréhension de l'action, alors nous aurions dû observer un effet de la présence de l'effecteur et/ou de l'orientation de l'outil. Or, les résultats indiquent seulement un effet de la nature de la relation entre l'outil et la cible (compatible *vs.* incompatible) sur la vitesse de jugement. Les participants répondent plus rapidement lorsqu'il s'agit de paires compatibles que de paires incompatibles. Ainsi, ces résultats confirment notre hypothèse selon laquelle les dimensions motrices ne sont pas impliquées dans les jugements sur la fréquence d'utilisation conjointe d'un outil et d'une cible. Nous nous sommes interrogés sur la contradiction apparente avec les résultats de notre première étude qui indiquaient que la perception d'un outil activait les dimensions motrices qui lui étaient associées. Nous proposons que la perception d'un outil seul puisse effectivement conduire à une simulation motrice, mais que lorsque l'outil est présenté dans un contexte d'action outillée (ici en le présentant avec une cible), les participants concentrent leur attention sur ce que l'outil peut réaliser. En somme, lorsque nous n'avons pas d'informations concernant l'action impactant l'environnement, nous simulons les dimensions motrices associées à l'outil. Dès lors que des éléments de contexte sont présents, ce qui va nous préoccuper sera davantage l'anticipation de la conséquence de notre action sur l'environnement.

La troisième expérience visait à mettre en avant l'impact de la conséquence de l'action outillée sur les performances dans une tâche de mémoire de travail mettant en scène un outil. Ainsi, nous avons repris le travail de Federico et Brandimonte (2020) qui a montré l'importance des informations sémantiques dans une tâche de reconnaissance d'outil. Notre expérience avait pour objectif de comprendre la place des conséquences de l'action outillée dans cette même tâche. Ainsi, nous avons choisi de présenter une cible ayant été correctement modifiée ou endommagée par l'action à la suite de l'image du couple outil-

cible qui pouvait être habituel ou inhabituel mais possible. Par la suite, les participants devaient dire si l'outil présenté était ou non dans la présentation du couple. Les résultats obtenus n'indiquent ni impact de l'association, ni impact de la conséquence. En revanche, nous observons un effet d'interaction entre ces deux facteurs : les participants sont plus rapides dans la tâche de reconnaissance lorsque l'association habituelle est suivie d'une conséquence positive et lorsque l'association inhabituelle est suivie d'une conséquence négative. Ainsi, alors que la seule association n'avait pas eu d'effet sur les temps de réponses, son interaction avec la conséquence en a un. Cela pourrait indiquer que les connaissances sémantiques ne stockent pas seulement la fonction et l'utilisation typique de l'objet mais qu'elles tiennent compte de la conséquence de l'action outillée.

La quatrième expérience visait à interroger la possibilité d'associer durablement un outil à une conséquence grâce à un paradigme de compatibilité entre la réponse et l'effet. Dans ce contexte, nous avons associé dans une phase d'apprentissage un outil habituel ou inhabituel mais possible avec une cible ayant subi des conséquences positives ou négatives. Dans une deuxième phase nous avons présenté les cibles positives ou négatives et avons demandé au participant de choisir l'outil qu'il utiliserait sur celles-ci. Les résultats n'indiquent pas d'effet de la condition d'association de la phase d'acquisition, ils ne montrent pas non plus d'effets de la conséquence (sauf sur les temps de réponse) sur les jugements de la phase de test. Il semble seulement que les participants en condition compatible (objet habituel associé à la conséquence positive) choisissent plus souvent l'outil inhabituel lorsque la conséquence est positive et que les participants de la condition incompatible (objet habituel associé à la conséquence négative) choisissent plus souvent l'outil inhabituel lorsque la conséquence est négative. Nous ne validons cependant pas notre hypothèse qui suggérait que nous pouvions intégrer la conséquence à la connaissance de l'outil et que cela conduirait le participant à les associer durablement. Des études supplémentaires sont nécessaires pour tirer des enseignements pertinents, néanmoins nous suggérons ici que cela montre que le choix d'un outil est une émergence en fonction de la situation et que ce n'est pas un choix basé uniquement sur des connaissances sémantiques.

Enfin, notre dernière expérience avait pour objectif de montrer que si les objets avaient

des fonctions, les conséquences perçues de l'action outillée pouvaient les moduler. Dès lors, nous avons proposé aux participants d'indiquer si l'outil était approprié pour agir sur la cible, la relation entre les deux objets pouvait être habituelle (*e.g.,* casse-noix) ou inhabituelle mais possible (*e.g.,* maillet), la cible quant à elle pouvait être affichée dans trois conditions différentes : n'ayant subi aucune modification (*e.g.,* noix fermée), avec une conséquence positive (*e.g.,* noix correctement ouverte) ou avec une conséquence négative (*e.g.,* noix écrasée). Si les objets avaient seulement une fonction historique, alors nous aurions dû observer le seul effet de l'association outil-cible. Or, nous observons en plus de l'effet principal de l'association, un effet de la conséquence et un effet d'interaction entre ces deux facteurs. Ces résultats semblent indiquer qu'au delà des connaissances sémantiques sur la fonction de l'outil, les participants tiennent compte de la conséquence affichée à l'écran. Nous suggérons donc que si les outils ont effectivement une fonction propre, ceux-ci peuvent développer un usage accidentel (deux notions issus des travaux de Scheele, 2006) en tenant compte des conséquences perçues de l'utilisation de l'outil. Nous proposons le concept de *fonctionnalités* pour rendre compte de l'émergence d'une possibilité d'utilisation non-conventionnelle de l'outil. Nous considérons que cette fonctionnalité émerge de la situation, et plus précisément de l'interaction entre l'individu et l'anticipation des conséquences qu'il peut produire sur son environnement par la réalisation d'une action outillée.

Néanmoins, il est important de noter que certaines limites de ces études doivent être considérées. En premier lieu, nous n'avons pas fait appel à de la réelle utilisation d'outil (comme cela peut être le cas chez Osiurak & Badets, 2014). Les participants ont seulement réalisé des tâches informatisées. De plus, les conditions expérimentales mises en oeuvre ne peuvent pas refléter exactement ce qui se passe lorsque nous sommes en train de bricoler et que nous essayons d'atteindre un but précis.

Lorsque je décide de fixer un cadre au mur, je ne suis pas confortablement installée immobile devant un écran d'ordinateur avec une paire outil-cible sur un écran, avec un choix binaire et irréversible à faire au moyen de touches de clavier. Lorsque je réalise une action outillée, je suis continuellement en mouvement ; je peux procéder par essai-erreur

et si l'outil ne me permet pas d'atteindre un but satisfaisant, je peux en changer. Par ailleurs, lors d'une utilisation réelle d'outil, mon action a des conséquences réelles sur la cible mais également sur mon environnement et mon corps.

Une des limites majeures de ce travail de thèse concerne, à notre sens, la seule prise en compte de la conséquence de l'action outillée sur la cible, alors que lors d'une séance de bricolage je peux également me faire subir des conséquences de l'action (qui ne s'est jamais tapé sur le doigt avec un marteau ?) et je peux aussi endommager mon environnement (la présence d'une fenêtre dans mon dos peut-elle modifier mon action à l'aide d'un marteau ?).

Chapitre 2

Perspectives théoriques et appliquées

2.1 Conséquences de l'action outillée

Les travaux de recherche effectués au cours de cette thèse nous ont permis de développer deux notions qui nous semblent majeures pour envisager l'action outillée : l'anticipation des conséquences de l'action et l'émergence de fonctionnalités.

Dans ce travail, nous avons fait le choix de ne pas parler d'effet de l'action, mais plutôt de conséquence. Si ces deux termes sont définis par le dictionnaire comme deux synonymes, nous avons considéré que les travaux en psychologie cognitive sur l'utilisation d'outils avaient employé le terme d'effet pour traiter de choses bien spécifiques, un peu différentes de ce que nous avons souhaité faire dans ce travail de thèse. Les recherches présentées dans notre partie sur les effets de l'action outillée (partie 2.1. des considérations théoriques) semblent essentiellement se préoccuper de ce qui se produit au cours de la réalisation de l'action et non à sa finalité. Dans ce contexte nous avons choisi de nous démarquer en utilisant un synonyme, celui de conséquence, pour tenter d'exprimer notre intérêt pour la finalité globale de l'action. Ainsi, et nous l'avons déjà pointé plus haut, nous avons concentré nos travaux sur la conséquence de l'action outillée sur l'objet sur lequel l'outil est censé agir. Dans ce contexte, il nous appartient d'interroger la pertinence de la prise en compte partielle de cette seule conséquence sur l'objet, alors même que la réalisation d'action outillée produit bien d'autres conséquences.

En premier lieu, nous pourrions ré-interroger l'impact des conséquences sur le corps

de l'utilisateur d'outil. En effet, un certain nombre de travaux ont par exemple mis en évidence l'importance des sensations corporelles dans l'anticipation de l'action (voir par exemple, Thébault, Pfister, Michalland, & Brouillet, 2020 ; Thébault, Michalland, Derozier, Chabrier, & Brouillet, 2018 ; Thébault, 2019 ; Brouillet, Michalland, Guerineau, Draushika, & Thebault, 2019). Dans le prolongement de ce que nous évoquions plus haut, nous ne souhaitons pas nous intéresser précisément à ce qui se produit au cours de l'action mais à la finalité de celle-ci. Ainsi, si la conséquence sur le corps a effectivement un impact sur notre rapport aux outils, alors la présentation d'un pouce blessé à la suite de l'utilisation d'un marteau devrait impacter nos jugements sur la pertinence d'utiliser cet outil.

De plus, lorsque nous utilisons des outils, nous faisons le choix de modifier notre environnement. Aussi, peu de travaux se sont penchés sur les conséquences que notre action produit sur l'environnement. Alors que des travaux ont mis en évidence un impact de l'utilisation d'outils sur la perception des distances (Witt, Proffitt, & Epstein, 2005 ; Witt & Proffitt, 2008), nous n'avons pas trouvé de recherches sur les effets de l'action sur l'environnement lui-même et encore moins sur l'impact de ces effets sur notre façon de voir les outils. Nous pouvons imaginer que les conséquences de notre action sur l'environnement ou leur anticipation modifieraient nos jugements sur l'outil. Ainsi, l'image d'une vitre à proximité du lieu de réalisation de l'action ou le fait que celle-ci soit brisée pourrait être en mesure de moduler les jugements à propos de la pertinence de l'utilisation de l'outil.

Enfin, nous pensons qu'il est indispensable dans les recherches à venir de s'intéresser à la globalité des conséquences de nos actions, dans une situation réelle d'utilisation d'outils, l'ensemble de ces conséquences interagissent. Ainsi, au-delà de la compréhension des impacts des diverses conséquences, c'est bien l'interaction entre celles-ci qui doivent nous préoccuper à l'avenir. Pour cela, nous avons besoin de réaliser des études bien plus écologiques qui concentreraient tous les ingrédients d'une action outillée réelle : conséquences sur l'objet, sur l'environnement et sur l'utilisateur d'outils. Dans ce cadre, nous pourrions par exemple envisager un protocole en réalité virtuelle qui permettrait de contrôler un grand nombre de facteurs tout en fournissant aux participants des informations très

proches d'une utilisation réelle d'outils (*e.g.,* notamment des retours tactiles).

2.2 Émergence de fonctionnalités

Les résultats que nous avons obtenus dans les différentes expériences présentées dans ce travail semblent indiquer que les outils possèdent des fonctions ; celles-ci peuvent être définies par l'intention du créateur (Chaigneau et al., 2008) ou par l'observation d'autrui (German & Defeyter, 2000). Les travaux menés ici ne nous permettent pas de départager ces deux manières d'envisager la transmission de la fonction, mais nous permettent de développer la notion de fonctionnalité.

Il semblerait que la fonctionnalité d'un outil puisse émerger de la perception des conséquences de son utilisation. En effet, les résultats de notre dernière étude semblent indiquer que lorsqu'ils doivent juger un outil comme étant approprié ou non pour agir sur une cible, les participants ne se basent pas uniquement sur l'utilisation conventionnelle de l'outil mais tiennent compte des conséquences qui leurs sont présentées. En somme, lorsque nous réalisons une action outillée nous faisons appel à la fonctionnalité de l'outil sur la base de la situation qui se présente à nous. La sélection de l'outil approprié est ainsi dépendante du contexte et n'est pas une chose figée. Nous sommes capables d'utiliser un outil pour une autre action (ou une autre conséquence) que celle pour laquelle il a été conçu.

Par ailleurs, si nous reprenons la notion d'affordance et les débats que celle-ci a suscité dans la littérature sur leur origine ; les uns proposant qu'elles proviennent de l'environnement (Turvey, 1992) et les autres qu'elles émergent de l'interaction entre l'individu et son environnement (Stoffregen, 2003) ; nous pouvons nous interroger sur les différences qui existent entre l'espèce humaine et les espèces animales. Si l'animal utilise très peu d'outils et réalise peu de constructions durables, l'être humain a façonné le monde d'un nombre infini d'éléments (*i.e.,* des outils aux bâtiments, en passant par les véhicules ou les ordinateurs). De ce fait, si les affordances peuvent provenir de l'environnement chez l'animal, cela devient complexe à expliquer chez l'Homme alors que c'est l'espèce elle-même qui a "fabriqué" une grande partie de cet environnement. Il nous semble en effet compliqué

d'exprimer que c'est dans la chaise que se situe l'affordance de s'asseoir, alors que c'est l'Homme lui-même -en tous cas son espèce- qui a crée un objet *pour* s'asseoir.

Ainsi, nous proposons la notion de **fonctionnalités** pour rendre compte de ce que l'être humain a fait émerger comme potentialités nouvelles dans son environnement. Cette proposition est en partie issue de la suggestion de François Osiurak de considérer l'utilisation, la fabrication d'outils et les comportements de construction comme les trois faces d'une même pièce renvoyant à « *tout comportement visant à modifier son environnement pour résoudre un problème physique à l'aide d'objets extérieurs au corps de l'individu* » (page 37 Osiurak, 2019). Ici, nous émettons l'idée qu'en effet l'ensemble de ces comportements répondent au besoin de l'Homme de façonner le monde à son image.

Les théories de l'apprentissage cumulatif (voir par exemple, Tomasello, Kruger, & Ratner, 1993 ; Boesch & Tomasello, 1998) proposent que l'Homme développe des techniques sur la base de ce qui a été inventé précédemment et que contrairement aux autres espèces il existe une forme de transmission. Nous suggérons que c'est bien parce que les fonctionnalités se transmettent et conduisent à l'émergence d'autres fonctionnalités que nous arrivons à un développement technique aussi important. Il y a donc dans notre façon d'envisager la fonctionnalité une envie de rendre compte de la formidable capacité humaine à créer sans cesse de nouvelles manières de d'agir sur l'environnement.

En résumé, nous défendons l'idée selon laquelle le monde a été façonné par notre besoin d'y voir émerger de nouvelles fonctionnalités, et les outils sont un des moyens de le modifier et peuvent revêtir eux aussi plusieurs fonctionnalités.

2.3 Et si on revenait au préambule ?

En préambule de ce travail, nous indiquions que cette thèse avait pour but initial de comprendre en quoi la construction d'objets pouvait réduire l'anxiété de l'enfant en milieu scolaire. Notre idée de départ était que l'enfant deviendrait un acteur de son environnement en faisant émerger de nouvelles fonctionnalités. Ainsi, l'environnement deviendrait moins menaçant et il serait donc moins sujet à l'anxiété. Nous pointions d'abord un

manque de travaux en psychologie cognitive sur la construction d'objet, et nous indiquions que l'approche basée sur la fonctionnalité n'était pas développée en tant que telle.

L'objet de notre thèse en a ainsi été modifié, et nous avons cherché à développer la notion de fonctionnalité en la basant sur l'anticipation des conséquences de l'action. Dans ce contexte, nous avons finalement proposé que l'être humain façonnait sans cesse le monde en faisant émerger de nouvelles façons d'agir dans celui-ci. Cette manière de "façonner" le monde peut être considérer comme une (re)prise de contrôle sur ce dernier. Dans ce contexte, comment ne pas imaginer pouvoir redonner un sentiment d'agentivité à des enfants qui se sentent menacés par l'environnement allant jusqu'à développer parfois des états anxieux. Le sentiment d'agentivité renvoyant à au sentiment d'avoir fait en sorte que quelque chose se produise (Haggard, 2017), nous pourrions dans un premier temps envisager de faire passer à des enfants des questionnaires d'agentivité à la suite d'ateliers de construction. Ainsi, si la construction augmente le sentiment d'agentivité, nous pourrions nous interroger sur le lien avec l'anxiété.

Dès lors que nous pouvons modifier le monde en y faisant émerger de nouvelles possibilités d'action, nous reprenons le contrôle sur celui-ci. Nous pourrions ainsi imaginer que les ateliers réalisés par les enseignants autour d'activités manuelles contribuent pleinement au bien-être de l'enfant et à son sentiment d'être un acteur de son environnement. Il appartient aux études futures de vérifier que ces ateliers ont un impact sur l'enfant.

Chapitre 3

Pour conclure...

3.1 La dialectique pour envisager l'action outillée chez l'Homme ?

Lorsque nous avons entamé ce travail de recherche, nous avions envie de comprendre pourquoi l'Homme avait construit autant d'éléments durables dans son environnement alors que les animaux n'ont construit que des outils utilisés ponctuellement. Ainsi, nous avons proposé dans la partie 2.2. de cette discussion la notion de fonctionnalité pour rendre compte de l'interaction entre l'Homme et ce qu'il fait du monde dans lequel il vit.

Osiurak et al. (2010) proposent que la perception d'affordance et le raisonnement technique soient deux mécanismes complémentaires qui interagissent de manière dialectique (voir figure 20). Ainsi, le raisonnement technique doit nous permettre d'imaginer d'autres façons d'agir, ce raisonnement doit ensuite être traduit en affordance pour qu'il y ait une interaction avec l'environnement. Le premier mouvement dialectique de l'affordance au raisonnement technique permet à l'Homme de sortir de son lien égocentrique avec l'environnement. Le second mouvement dialectique du raisonnement technique à la perception de l'affordance permet d'appliquer le raisonnement au monde tel qu'il est pour interagir avec l'environnement et en percevoir les affordances.

Cette proposition de l'existence d'une relation dialectique entre le raisonnement technique et l'affordance nous a particulièrement intéressé. C'est pourquoi nous avons cherché à mieux comprendre la notion de dialectique grâce aux leçons de Georges Politzer à l'Université Ouvrière en 1935-1936 (publiées sous forme de prises de notes en 1972) qui

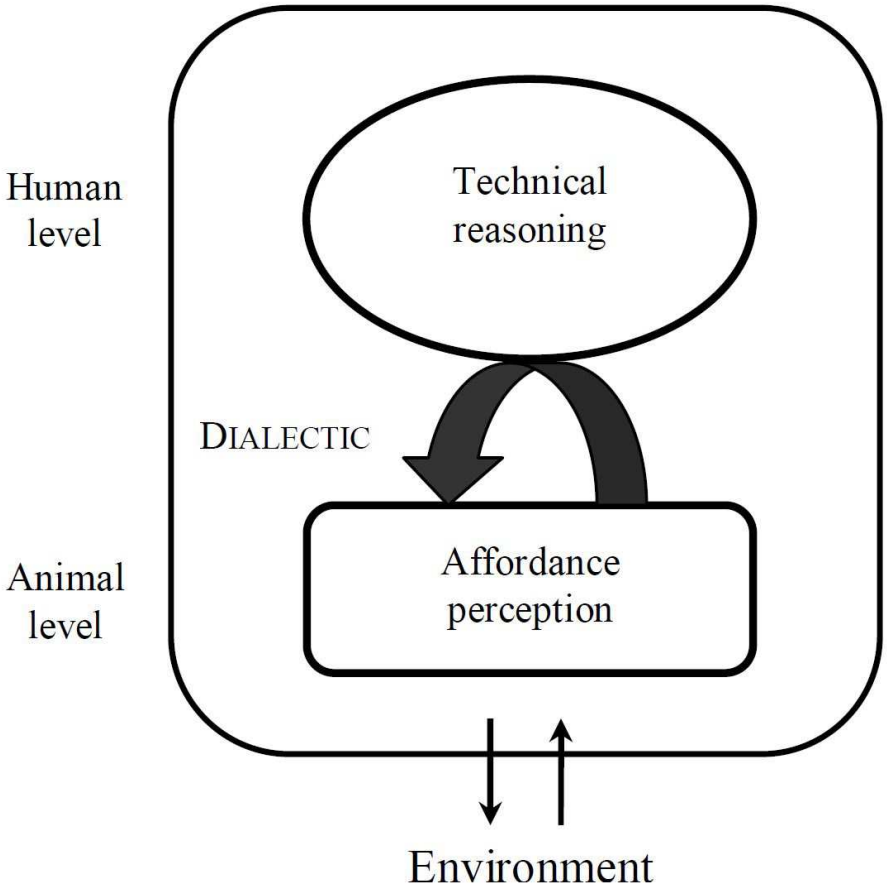


Figure 20 – Relation dialectique entre raisonnement technique et affordance, d'après Osiurak et al. (2010).

proposaient de la définir autour de quatre lois principales [1] : 1)le changement dialectique : toute chose est en permanence en mouvement, en train de changer, de se modifier ; 2) l'action réciproque : le monde est en fait un complexe de processus agissant les uns sur les autres ; 3) la contradiction : toute chose porte en elle son contraire ; 4) le progrès par bonds : la quantité se transforme en qualité.

Nous nous proposons dans cette discussion d'appliquer ces quatre lois à ce que nous avons abordé de l'action outillée au cours de ce travail.

→ Loi 1 : le changement dialectique

1. Il est important de noter que Politzer précise dans sa leçon que la fabrication d'un crayon ne répond pas aux lois de la dialectique, puisque suscitée par l'activité humaine et non *autodynamisme* (contrairement au processus de mûrissement d'une pomme qui ne relève pas d'une intervention volontaire extérieure). Nous avons néanmoins choisi de présenter ses lois de la dialectique puisqu'elles nous semblent particulièrement intéressantes pour rendre compte de la dialectique de l'action outillée.

Si toute chose est en permanence en mouvement, en train de changer ou de se modifier, c'est particulièrement vrai pour l'évolution des techniques chez l'Homme. Lorsque nous disons que l'Homme a façonné le monde en y faisant émerger de nouvelles fonctionnalités, nous disons en fait que l'espèce humaine passe son temps à modifier l'environnement et ce qu'il est susceptible de nous offrir.

→ Loi 2 : l'action réciproque

L'Homme et l'environnement se codéterminent l'un et l'autre ; si l'Homme ne modifie pas son environnement alors l'environnement ne nous offre que peu de possibilités d'agir. C'est parce que nous avons modifié notre monde que nous pouvons agir, et c'est parce que nous pouvons agir que nous avons modifié le monde.

→ Loi 3 : la contradiction

Toute chose porte en elle son contraire. Lorsque l'environnement n'est plus satisfaisant, nous trouvons les ressources pour le modifier dans ce même environnement. C'est parce qu'il existe des solutions dans le contexte que je constate qu'il dysfonctionne et que je peux le modifier.

→ Loi 4 : Le progrès par bonds

Ce que nous avons défendu au cours de cette thèse à travers la question de la conséquence comme finalité de l'action outillée correspond à la proposition de la loi du progrès par bonds ou de transformation de la quantité en qualité. Politzer donne en exemple de cette loi celui de l'eau, que l'on peut faire chauffer de 1°C à 99°C mais qui se transformera en vapeur à 100°C. Ainsi, il y a des changements continus (ici l'augmentation de la température) qui à un moment vont conduire à un changement brusque (ici un changement d'état). Lors de la réalisation d'une action outillée, le principe est le même : nous cherchons à atteindre une conséquence satisfaisante en vue de modifier notre environnement. Nous allons passer d'un environnement insatisfaisant que l'on cherche à modifier par le biais d'action outillée, à un but atteint et une fonctionnalité nouvelle qui émerge. Si nous reprenons l'exemple du clou à planter : nous passons d'un clou que l'on enfonce petit à petit à un support idéal pour un cadre.

Pour résumer, la méthode dialectique, en tant que méthode d'analyse, nous semble

particulièrement appropriée pour étudier les processus cognitifs au coeur de l'action outillée. En effet, les lois que nous venons d'énoncer semblent correspondre parfaitement à ce qu'est l'action outillée et plus largement la modification de l'environnement. Dans ce travail nous avons concentré notre attention sur la prise en compte de la conséquence de l'action outillée dans l'émergence de fonctionnalités, et donc à la loi de la contradiction (*i.e.,* parce que mon environnement est insatisfaisant j'anticipe une conséquence satisfaisante à une action que je peux réaliser avec les moyens présents dans ce même environnement). Nous suggérons à l'avenir que les autres lois de la dialectique puissent être explorées et nous permettre ainsi de mieux comprendre les processus cognitifs sous-jacents à l'émergence de fonctionnalités nouvelles dans l'environnement.

Par ailleurs, nous espérons à la façon d'Haudricourt (1964) qu'une science des activités humaines de la technologie verra le jour et permettra à l'avenir des échanges interdisciplinaires indispensables pour envisager cette capacité spécifique de l'Homme à utiliser des outils pour transformer le monde.

3.2 Conclusion générale

Ce travail avait pour objectif d'apporter une contribution aux études portant sur l'utilisation d'outils. Nous avons pointé les différences d'approches quant aux liens qui unissent l'Homme aux outils, et notamment des divergences théoriques majeures comme celles qui opposent les tenants des dimensions motrices aux tenants du raisonnement cognitif comme pierre angulaire de l'utilisation outillée. Nous avons mis en évidence la place des conséquences réelles ou anticipées de l'action outillée sur le traitement cognitif à propos de l'outil et sur les jugements que nous faisons à son propos. Par ailleurs, nous avons cherché à développer l'idée selon laquelle les outils n'ont pas seulement une fonction historique, ils ne font pas qu'afforder les actions potentielles, ils ont des fonctionnalités qui émergent du contexte et qui permettent d'en développer de nouvelles pour façonner le monde.

Références

Alcock, J. (1972). The Evolution of the Use of Tools by Feeding Animals. *Evolution*, *26*(3), 464–473. (Publisher : [Society for the Study of Evolution, Wiley]) doi: 10.2307/2407020

Anelli, F., Borghi, A. M., & Nicoletti, R. (2012). Grasping the pain : Motor resonance with dangerous affordances. *Consciousness and Cognition*, *21*(4), 1627–1639. doi: 10.1016/j.concog.2012.09.001

Bach, P., Knoblich, G., Gunter, T. C., Friederici, A. D., & Prinz, W. (2005). Action comprehension : Deriving spatial and functional relations. *Journal of Experimental Psychology : Human Perception and Performance*, *31*(3), 465–479. doi: 10.1037/0096-1523.31.3.465

Barsalou, L. W. (1999). Perceptual symbol systems. *Behavioral and Brain Sciences*, *22*(4), 577–660. doi: 10.1017/S0140525X99002149

Barsalou, L. W., Sloman, S. A., & Chaigneau, S. E. (2004). The HIPE Theory of Function. In *Functional Features in Language and Space.* Oxford : Oxford University Press. doi: 10.1093/acprof :oso/9780199264339.003.0009

Bates, E., Carlson-Luden, V., & Bretherton, I. (1980, janvier). Perceptual aspects of tool using in infancy. *Infant Behavior and Development*, *3*, 127–140. doi: 10.1016/S0163-6383(80)80017-8

Baumard, J., Osiurak, F., Lesourd, M., & Le Gall, D. (2014). Tool use disorders after left brain damage. *Frontiers in Psychology*, *5*, 473. doi: 10.3389/fpsyg.2014.00473

Beck, B. B. (1980). *Animal Tool Behavior : The Use and Manufacture of Tools by Animals.* Garland STPM Press.

Beck, S. R., Apperly, I. A., Chappell, J., Guthrie, C., & Cutting, N. (2011). Making tools

isn't child's play. *Cognition*, *119*(2), 301–306. doi: 10.1016/j.cognition.2011.01.003

Beisert, M., Massen, C., & Prinz, W. (2010). Embodied rules in tool use : A tool-switching study. *Journal of Experimental Psychology : Human Perception and Performance*, *36*(2), 359–372. doi: 10.1037/a0016801

Bergson, H. (1907). *L'évolution créatrice*. Paris : Presses universitaires de france.

Binkofski, F., & Buxbaum, L. J. (2013). Two action systems in the human brain. *Brain and Language*, *127*(2), 222–229. doi: 10.1016/j.bandl.2012.07.007

Boesch, C., & Tomasello, M. (1998). Chimpanzee and Human Cultures. *Current Anthropology*, *39*(5), 591–614. (Publisher : The University of Chicago Press) doi: 10.1086/204785

Bourgeois, K. S., Khawar, A. W., Neal, S. A., & Lockman, J. J. (2005). Infant Manual Exploration of Objects, Surfaces, and Their Interrelations. *Infancy*, *8*(3), 233–252. doi: https ://doi.org/10.1207/s15327078in0803$_3$

Breuer, T., Ndoundou-Hockemba, M., & Fishlock, V. (2005). First Observation of Tool Use in Wild Gorillas. *PLoS Biology*, *3*(11), e380. doi: 10.1371/journal.pbio.0030380

Bronckart, J.-P., Schneuwly, B., & Vygotskiĭ, L. S. (1985). *Vygotsky aujourd'hui*. Delachaux & Niestlé.

Brouillet, D. (2019). *Agir pour connaître*. PUG - Presses universitaires de Grenoble.

Brouillet, D., Michalland, A.-H., Guerineau, R., Draushika, M., & Thebault, G. (2019). How does simulation of an observed external body state influence categorisation of an easily graspable object ? *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, *72*(6), 1466–1477. doi: 10.1177/1747021818801484

Buxbaum, L. J., & Kalénine, S. (2010). Action knowledge, visuomotor activation, and embodiment in the two action systems. *Annals of the New York Academy of Sciences*, *1191*, 201–218. doi: 10.1111/j.1749-6632.2010.05447.x

Buxbaum, L. J., Shapiro, A. D., & Coslett, H. B. (2014). Critical brain regions for tool-related and imitative actions : a componential analysis. *Brain*, *137*(7), 1971–1985. (Publisher : Oxford Academic) doi: 10.1093/brain/awu111

Buxbaum, L. J., Shapiro, A. D., & Coslett, H. B. (2015). Reply : Apraxia : a gestural

or a cognitive disorder ? *Brain*, *138*(3), e334–e334. (Publisher : Oxford Academic) doi: 10.1093/brain/awu240

Camus, T., Hommel, B., Brunel, L., & Brouillet, T. (2018). From anticipation to integration : the role of integrated action-effects in building sensorimotor contingencies. *Psychonomic Bulletin & Review*, *25*(3), 1059–1065. doi: 10.3758/s13423-017-1308-6

Chaigneau, S. E., Castillo, R. D., & Martínez, L. (2008). Creators' intentions bias judgments of function independently from causal inferences. *Cognition*, *109*(1), 123–132. doi: 10.1016/j.cognition.2008.07.009

Cummins, R. (1975). Functional Analysis. *Journal of Philosophy*, *72*, 741–64. (Publisher : Journal of Philosophy Inc) doi: 10.2307/2024640

Cutting, N., Apperly, I. A., & Beck, S. R. (2011). Why do children lack the flexibility to innovate tools ? *Journal of Experimental Child Psychology*, *109*(4), 497–511. doi: 10.1016/j.jecp.2011.02.012

da Silva, F. (2017). *L'effet d'affordance comme processus émergeant et constitutif de l'activité perceptive* (Thèse de doctorat non publiée). Université Paul Valéry - Montpellier III.

Defeyter, M. A., & German, T. P. (2003). Acquiring an understanding of design : evidence from children's insight problem solving. *Cognition*, *89*(2), 133–155. doi: 10.1016/S0010-0277(03)00098-2

Dennett, D. C. (1990). The Interpretation of Texts, People and Other Artifacts. *Philosophy and Phenomenological Research*, *50*, 177–194. doi: 10.2307/2108038

Fagard, J., Rat-Fischer, L., & O'Regan, K. (2012). Comment le bébé accède-t-il à la notion d'outil ? *Enfance*, *N° 1*(1), 73–84. (Publisher : NecPlus)

Federico, G., & Brandimonte, M. A. (2020). Looking to recognise : the pre-eminence of semantic over sensorimotor processing in human tool use. *Scientific Reports*, *10*(1), 6157. doi: 10.1038/s41598-020-63045-0

Frey, S. H. (2007). What Puts the How in Where ? Tool Use and the Divided Visual Streams Hypothesis. *Cortex*, *43*(3), 368–375. doi: 10.1016/S0010-9452(08)70462-3

Gall, D. L., Etcharry-Bouyx, F., & Osiurak, F. (2012, décembre). Les apraxies : synthèse et nouvelles perspectives. *Revue de neuropsychologie*, *Volume 4*(3), 174–185.

Gayon, J., & Ricqlès, A. d. (Eds.). (2010). *Les fonctions : des organismes aux artefacts* (1re éd.). Paris : Presses universitaires de France.

German, T. P., & Defeyter, M. A. (2000, décembre). Immunity to functional fixedness in young children. *Psychonomic Bulletin & Review*, *7*(4), 707–712. doi: 10.3758/BF03213010

Gibson, J. J. (1979). *The ecological approach to visual perception*. Houghton Mifflin.

Gibson, J. J. (2014). *Approche écologique de la perception visuelle*. DEHORS.

Gimenez, C., & Brouillet, D. (2020). The role of the motor system in visual working memory : Further findings. *Cognition, Brain, Behavior. An interdisciplinary journal*, *24*(2), 153–162. doi: 10.24193/cbb.2020.24.09

Goldenberg, G. (2003). Apraxia and Beyond : Life and Work of Hugo Liepmann. *Cortex*, *39*(3), 509–524. doi: 10.1016/S0010-9452(08)70261-2

Goldenberg, G. (2013). *Apraxia : the cognitive side of motor control* (1st éd.). Oxford : Oxford University Press. (OCLC : ocn835969121)

Goldenberg, G. (2014). Challenging traditions in apraxia. *Brain*, *137*(7), 1858–1859. doi: 10.1093/brain/awu122

Gonzalez Rothi, L. J., Ochipa, C., & Heilman, K. M. (1991). A Cognitive Neuropsychological Model of Limb Praxis. *Cognitive Neuropsychology*, *8*(6), 443–458. doi: 10.1080/02643299108253382

Greif, M. L., & Needham, A. (2011). The development of human tool use in early life. In *Tool use and causal cognition.*

Gruber, A. (1969). A Functional Definition of Primate Tool-Making. *Man*, *4*(4), 573. doi: 10.2307/2798196

Haggard, P. (2017). Sense of agency in the human brain. *Nature Reviews Neuroscience*, *18*(4), 196–207. doi: 10.1038/nrn.2017.14

Haudricourt, A.-G. (1964). La technologie, science humaine. *La Pensée : revue du rationalisme moderne*(115), 28–35.

Hodges, J. R., Bozeat, S., Ralph, M. A. L., Patterson, K., & Spatt, J. (2000). The role of conceptual knowledge in object use Evidence from semantic dementia. *Brain*, *123*(9), 1913–1925. doi: 10.1093/brain/123.9.1913

Hunt, G. R., & Gray, R. D. (2004). Direct observations of pandanus-tool manufacture and use by a New Caledonian crow (Corvus moneduloides). *Animal Cognition*, *7*(2), 114–120. doi: 10.1007/s10071-003-0200-0

Johnson-Frey, S. H. (2003). What's So Special about Human Tool Use ? *Neuron*, *39*(2), 201–204. doi: 10.1016/S0896-6273(03)00424-0

Johnson-Frey, S. H. (2004). The neural bases of complex tool use in humans. *Trends in Cognitive Sciences*, *8*(2), 71–78. doi: 10.1016/j.tics.2003.12.002

Kahrs, B. A., Jung, W. P., & Lockman, J. J. (2012). What is the role of infant banging in the development of tool use ? *Experimental brain research. Experimentelle Hirnforschung. Experimentation cerebrale*, *218*(2). doi: 10.1007/s00221-012-3062-3

Kahrs, B. A., Jung, W. P., & Lockman, J. J. (2013). Motor Origins of Tool Use. *Child Development*, *84*(3), 810–816. doi: https ://doi.org/10.1111/cdev.12000

Kahrs, B. A., & Lockman, J. J. (2012). L'utilisation d'objets comme outils : un développement continu. *Enfance*, *N° 1*(1), 61–71.

Kalénine, S., Shapiro, A. D., Flumini, A., Borghi, A. M., & Buxbaum, L. J. (2014). Visual context modulates potentiation of grasp types during semantic object categorization. *Psychonomic bulletin & review*, *21*(3), 645–651. doi: 10.3758/s13423-013-0536-7

Kunde, W. (2001). Response-effect compatibility in manual choice reaction tasks. *Journal of Experimental Psychology : Human Perception and Performance*, *27*(2), 387–394. doi: 10.1037/0096-1523.27.2.387

Kunde, W., Müsseler, J., & Heuer, H. (2007). Spatial Compatibility Effects With Tool Use. *Human Factors : The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society*, *49*(4), 661–670. doi: 10.1518/001872007X215737

Kunde, W., & Weigelt, M. (2005). Goal Congruency in Bimanual Object Manipulation. *Journal of Experimental Psychology : Human Perception and Performance*, *31*(1), 145–156. doi: 10.1037/0096-1523.31.1.145

Lockman, J. J. (2000). A Perception-Action Perspective on Tool Use Development. *Child Development*, *71*(1), 137–144. doi: 10.1111/1467-8624.00127

Martin, M., Beume, L., Kümmerer, D., Schmidt, C. S. M., Bormann, T., Dressing, A., ... Weiller, C. (2016). Differential Roles of Ventral and Dorsal Streams for Conceptual and Production-Related Components of Tool Use in Acute Stroke Patients. *Cerebral Cortex*, *26*(9), 3754–3771. doi: 10.1093/cercor/bhv179

Marx, K. (1867). *Le capital. Critique de l'économie politique* (Traduction française de la première édition allemande par Joseph Roy éd.). Paris : Editions sociales.

Mathôt, S., & March, J. (2021). *Conducting linguistic experiments online with OpenSesame and OSWeb* (preprint). PsyArXiv. doi: 10.31234/osf.io/wnryc

Mathôt, S., Schreij, D., & Theeuwes, J. (2012). OpenSesame : An open-source, graphical experiment builder for the social sciences. *Behavior Research Methods*, *44*(2), 314–324. doi: 10.3758/s13428-011-0168-7

Michaels, C. F. (1988). S-R compatibility between response position and destination of apparent motion : Evidence of the detection of affordances. *Journal of Experimental Psychology : Human Perception and Performance*, *14*(2), 231–240. doi: 10.1037/0096-1523.14.2.231

Millikan, R. G. (1989). In Defense of Proper Functions. *Philosophy of Science*, *56*(2), 288–302.

Milner, A. D., & Goodale, M. A. (2008). Two visual systems re-viewed. *Neuropsychologia*, *46*(3), 774–785. doi: 10.1016/j.neuropsychologia.2007.10.005

Müsseler, J., & Sutter, C. (2009). Perceiving one's own movements when using a tool. *Consciousness and Cognition*, *18*(2), 359–365. doi: 10.1016/j.concog.2009.02.004

Ochipa, C., Rothi, L. J. G., & Heilman, K. M. (1989). Ideational apraxia : A deficit in tool selection and use. *Annals of Neurology*, *25*(2), 190–193. doi: 10.1002/ana.410250214

Osiurak, F. (2014). What neuropsychology tells us about human tool use ? The four constraints theory (4CT) : mechanics, space, time, and effort. *Neuropsychology Review*, *24*(2), 88–115. doi: 10.1007/s11065-014-9260-y

Osiurak, F. (2016). *Apraxie et troubles d'utilisation d'outils : « Que sais-je ? » n° 4063*. Que sais-je.

Osiurak, F. (2019). *L'instinct de l'Outil*. ISTE Group.

Osiurak, F., & Badets, A. (2014). Pliers, not fingers : Tool-action effect in a motor intention paradigm. *Cognition*, *130*(1), 66–73. doi: 10.1016/j.cognition.2013.09.005

Osiurak, F., & Heinke, D. (2018). Looking for intoolligence : A unified framework for the cognitive study of human tool use and technology. *American Psychologist*, *73*(2), 169–185. doi: 10.1037/amp0000162

Osiurak, F., Jarry, C., & Le Gall, D. (2010). Grasping the affordances, understanding the reasoning : Toward a dialectical theory of human tool use. *Psychological Review*, *117*(2), 517–540. doi: 10.1037/a0019004

Osiurak, F., & Le Gall, D. (2015). Apraxia : a gestural or a cognitive disorder ? *Brain*, *138*(3), e333–e333. doi: 10.1093/brain/awu238

Osiurak, F., Lesourd, M., Navarro, J., & Reynaud, E. (2020). Technition : When Tools Come Out of the Closet. *Perspectives on Psychological Science*, 174569162090214. doi: 10.1177/1745691620902145

Osiurak, F., Rossetti, Y., & Badets, A. (2017). What is an affordance ? 40 years later. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, *77*, 403–417. doi: 10.1016/j.neubiorev.2017.04.014

Ottoni, E. B., & Izar, P. (2008). Capuchin monkey tool use : Overview and implications. *Evolutionary Anthropology : Issues, News, and Reviews*, *17*(4), 171–178. doi: 10.1002/evan.20185

Pecher, D. (2013). No role for motor affordances in visual working memory. *Journal of Experimental Psychology : Learning, Memory, and Cognition*, *39*(1), 2–13. doi: 10.1037/a0028642

Pecher, D., Klerk, R. M. d., Klever, L., Post, S., Reenen, J. G. v., & Vonk, M. (2013). The role of affordances for working memory for objects. *Journal of Cognitive Psychology*, *25*(1), 107–118. doi: 10.1080/20445911.2012.750324

Piaget, J. (1977). *La construction du réel chez l'enfant*. Delachaux & Niestlé.

Politzer, G. (1972). *Principes élémentaires de philosophie.* Paris : Editions sociales.

Rat-Fischer, L., O'Regan, J. K., & Fagard, J. (2012). The emergence of tool use during the second year of life. *Journal of Experimental Child Psychology*, *113*(3), 440–446. doi: 10.1016/j.jecp.2012.06.001

Rizzolatti, G., & Matelli, M. (2003). Two different streams form the dorsal visual system : anatomy and functions. *Experimental Brain Research*, *153*(2), 146–157. doi: 10.1007/s00221-003-1588-0

Roy, E. A., & Square, P. A. (1985). Common Considerations In The Study of Limb, Verbal And Oral Apraxia. In E. A. Roy (Ed.), *Advances in Psychology* (Vol. 23, pp. 111–161). North-Holland. doi: 10.1016/S0166-4115(08)61139-5

Ruff, H. A. (1984). Infants' manipulative exploration of objects : Effects of age and object characteristics. *Developmental Psychology*, *20*(1), 9–20. doi: 10.1037/0012-1649.20.1.9

Scheele, M. (2006). Function and use of technical artefacts : social conditions of function ascription. *Studies in History and Philosophy of Science Part A*, *37*(1), 23–36. doi: 10.1016/j.shpsa.2005.12.004

Seed, A., & Byrne, R. (2010). Animal Tool-Use. *Current Biology*, *20*(23), R1032–R1039. doi: 10.1016/j.cub.2010.09.042

Smolker, R., Richards, A., Connor, R., Mann, J., & Berggren, P. (1997). Sponge Carrying by Dolphins (Delphinidae, Tursiops sp.) : A Foraging Specialization Involving Tool Use ? *Ethology*, *103*(6), 454–465. doi: 10.1111/j.1439-0310.1997.tb00160.x

St Amant, R., & Horton, T. E. (2008). Revisiting the definition of animal tool use. *Animal Behaviour*, *75*(4), 1199–1208. doi: 10.1016/j.anbehav.2007.09.028

Stoffregen, T. A. (2003). Affordances as Properties of the Animal-Environment System. *Ecological Psychology*, *15*(2), 115–134. doi: 10.1207/S15326969ECO1502$_2$

Team, J. (2018). *JASP (Version 0.8.6)[Computer software].* Consulté sur `https://jasp-stats.org/`

Thébault, G. (2019). *Influence des sensations corporelles dans l'anticipation de l'action* (Thèse de doctorat non publiée). Université Paul Valéry - Montpellier III.

Thébault, G., Michalland, A.-H., Derozier, V., Chabrier, S., & Brouillet, D. (2018). When the vibrations allow for anticipating the force to be produced : an extend to Pfister et al. (2014). *Experimental Brain Research*, *236*(4), 1219–1223. doi: 10.1007/s00221-018-5190-x

Thébault, G., Pfister, R., Michalland, A.-H., & Brouillet, D. (2020). Flexible weighting of body-related effects in action production. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, *73*(9), 1360–1367. doi: 10.1177/1747021820911793

Tomasello, M., Kruger, A. C., & Ratner, H. H. (1993). Cultural learning. *Behavioral and Brain Sciences*, *16*(3), 495–511. doi: 10.1017/S0140525X0003123X

Tucker, M., & Ellis, R. (1998). On the relations between seen objects and components of potential actions. *Journal of Experimental Psychology : Human Perception and Performance*, *24*(3), 830–846. doi: 10.1037/0096-1523.24.3.830

Tucker, M., & Ellis, R. (2001). The potentiation of grasp types during visual object categorization. *Visual Cognition*, *8*(6), 769–800. doi: 10.1080/13506280042000144

Turvey, M. T. (1992). Affordances and Prospective Control : An Outline of the Ontology. *Ecological Psychology*, *4*(3), 173–187. doi: 10.1207/s15326969eco0403$_3$

Vaesen, K., & van Amerongen, M. (2008). Optimality vs. Intent : Limitations of Dennett's Artifact Hermeneutics. *Philosophical Psychology*, *21*(6), 779–797. doi: 10.1080/09515080802516204

Van Lawick-Goodall, J. (1971). Tool-Using in Primates and Other Vertebrates. In *Advances in the Study of Behavior* (Vol. 3, pp. 195–249). Elsevier. doi: 10.1016/S0065-3454(08)60157-6

van Leeuwen, L., Smitsman, A., & van Leeuwen, C. (1994). Affordances, perceptual complexity, and the development of tool use. *Journal of Experimental Psychology : Human Perception and Performance*, *20*(1), 174–191. doi: 10.1037//0096-1523.20.1.174

Veale, J. F. (2014). Edinburgh Handedness Inventory – Short Form : A revised version based on confirmatory factor analysis. *Laterality : Asymmetries of Body, Brain and Cognition*, *19*(2), 164–177. doi: 10.1080/1357650X.2013.783045

Wallon, H. (1945). *Les origines de la pensée chez l'enfant.* Presses Universitaires de France.

Warren, J. W. (1984). Perceiving affordances : visual guidance of stair climbing. *Journal of experimental psychology. Human perception and performance*, *10*(5), 683–703. doi: 10.1037//0096-1523.10.5.683

Witt, J. K., Kemmerer, D., Linkenauger, S. A., & Culham, J. (2010). A Functional Role for Motor Simulation in Identifying Tools. *Psychological Science*, *21*(9), 1215–1219. doi: 10.1177/0956797610378307

Witt, J. K., & Proffitt, D. R. (2008). Action-specific Influences on Distance Perception : A Role for Motor Simulation. *Journal of experimental psychology. Human perception and performance*, *34*(6), 1479–1492. doi: 10.1037/a0010781

Witt, J. K., Proffitt, D. R., & Epstein, W. (2005). Tool Use Affects Perceived Distance, But Only When You Intend to Use It. *Journal of Experimental Psychology : Human Perception and Performance*, *31*(5), 880–888. doi: 10.1037/0096-1523.31.5.880

Zazzo, R. (1975). *Psychologie et marxisme. La vie et l'oeuvre d'Henri Wallon* (Bibliothèque Médiations éd.). Denoël.

Résumé

Ce travail de thèse s'inscrit dans le champ des travaux qui essayent comprendre les mécanismes impliqués dans la réalisation d'actions outillées. En psychologie deux approches se confrontent sur le sujet, la première suggère que l'utilisation d'outil soit avant tout basée sur des représentations motrices, la seconde approche propose que ce soit le raisonnement en vue de résoudre un problème qui soit au cœur de l'action outillée. La thèse que nous défendons est que les conséquences de l'action outillée sur l'environnement constituent une base pour l'émergence de fonctionnalités nouvelles pour un outil. Pour cela, nous avons proposé cinq expérimentations. Les deux premières visent à interroger le rôle des dimensions corporelles dans 1) notre perception des outils et 2) la compréhension de l'action. Les suivantes se proposent d'appréhender 3) l'impact de la conséquence de l'action outillée sur la mémorisation d'une scène avec un outil, 4) la durabilité de l'apprentissage d'un lien entre un outil et une conséquence, et 5) l'influence de la conséquence sur les jugements à propos de l'outil. Suite à ces travaux, la thèse que nous soutenons suggère que nous construisons en permanence des fonctionnalités nouvelles dans l'environnement, et que nous faisons ainsi émerger de l'interaction dialectique entre l'environnement et nous de nouvelles possibilités d'agir.

Abstract

This thesis is part of the field of work that tries to understand the mechanisms involved in the realization of tool actions. In psychology, two approaches confront each other on the subject, the first one suggests that the use of tools is primarily based on motor representations, the second approach proposes that reasoning in order to solve a problem is at the heart of the tool action. The thesis we defend is that the consequences of the tool action on the environment constitute a basis for the emergence of new functionalities for a tool. To this end, we have proposed five experiments. The first two aim at questioning the role of the bodily dimensions in 1) our perception of the tools and 2) the understanding of the action. The next two experiments aim at understanding 3) the impact of the consequence of the tool action on the memorization of a scene with a tool, 4) the durability of the learning of a link between a tool and a consequence, and 5) the influence of the consequence on the judgments about the tool. As a result of this work, the thesis we support suggests that we are constantly constructing new functionalities in the environment, and that we thus bring out new possibilities of action from the dialectical interaction between the environment and ourselves.

Financement

Cette thèse a été financée par une allocation de recherche de la Région Occitanie assignée par l'Université Paul Valéry – Montpellier 3.

Elle a été réalisée au sein de l'équipe de recherche DynaCSE puis de l'Axe 2 Éducation et professionnalisation du laboratoire Epsylon (EA 4556).

Elle s'inscrit dans l'Ecole Doctorale 60 « Territoires, Temps, Sociétés et Développement ».

Quatrième partie

Annexes

Matériel de l'expérience 1




CINEMA
CAPITOLE
MAIRIE

Exemple d'associations pour l'outil tournevis dans l'expérience 2



Matériel de l'expérience 3

Outil habituel	Outil inhabituel	Cible	Conséquence positive	Conséquence négative
				
				
				
				
				
				

Matériel de l'expérience 4

