

UNIVERSITÉ DU QUÉBEC À MONTRÉAL

L'ÉTUDE DE L'UTILISATION DE RÈGLES DÉCISIONNELLES SIMPLES
CHEZ LE CHIEN DOMESTIQUE DANS UNE TÂCHE D'ÉLIMINATION
PROGRESSIVE

THÈSE DOCTORALE

PRÉSENTÉE

COMME EXIGENCE PARTIELLE

DU DOCTORAT EN PSYCHOLOGIE

PAR

JACINTHE LEBLANC

NOVEMBRE 2021

UNIVERSITÉ DU QUÉBEC À MONTRÉAL
Service des bibliothèques

Avertissement

La diffusion de cette thèse se fait dans le respect des droits de son auteur, qui a signé le formulaire *Autorisation de reproduire et de diffuser un travail de recherche de cycles supérieurs* (SDU-522 – Rév.04-2020). Cette autorisation stipule que «conformément à l'article 11 du Règlement no 8 des études de cycles supérieurs, [l'auteur] concède à l'Université du Québec à Montréal une licence non exclusive d'utilisation et de publication de la totalité ou d'une partie importante de [son] travail de recherche pour des fins pédagogiques et non commerciales. Plus précisément, [l'auteur] autorise l'Université du Québec à Montréal à reproduire, diffuser, prêter, distribuer ou vendre des copies de [son] travail de recherche à des fins non commerciales sur quelque support que ce soit, y compris l'Internet. Cette licence et cette autorisation n'entraînent pas une renonciation de [la] part [de l'auteur] à [ses] droits moraux ni à [ses] droits de propriété intellectuelle. Sauf entente contraire, [l'auteur] conserve la liberté de diffuser et de commercialiser ou non ce travail dont [il] possède un exemplaire.»

REMERCIEMENTS

Je tiens à remercier en premier lieu mon directeur de thèse, le professeur Claude Dumas, pour l'aide qu'il m'a apporté, pour son expertise, sa patience infinie et son encouragement à finir un travail long et ardu commencé il y a longtemps. Je lui en serai toujours très reconnaissante.

J'aimerais aussi adresser mes sincères remerciements aux propriétaires des chiens qui ont participé à mon étude étude, ainsi que les assistants de recherche, pour leur disponibilité, leur patience et leur dévouement. La réalisation de cette thèse n'aurait pas été possible sans eux.

Je dois en grande partie l'aboutissement de mon parcours doctoral et de cette thèse au soutien de mes parents, Roger LeBlanc et Rachel LeBlanc. Votre soutien quotidien et indéfectible ainsi que votre amour inconditionnel m'ont permis de persévérer malgré les obstacles et difficultés rencontrés. Un très gros merci !

Pour terminer, j'aimerais remercier mon conjoint, Richard Arsenault, et mes enfants, Sébastien et Philippe, pour leur patience, leur support et affection malgré mes absences répétées pour terminer cette thèse. Ma chère famille, votre support tout au long de mes études mérite toute ma gratitude.

DÉDICACE

À mes chers parents, mon conjoint et mes enfants. Aucune dédicace ne saurait exprimer mon amour, mon respect, et ma considération pour les sacrifices que vous avez consentis pour mon éducation et mon bien-être.

TABLE DES MATIÈRES

REMERCIEMENTS	ii
DÉDICACE	iii
TABLE DES MATIÈRES	iv
RÉSUMÉ	v
INTRODUCTION.....	1
CHAPITRE I CONTEXTE THÉORIQUE.....	4
1.1 La prise de décision	4
1.1.1 Le modèle normatif.....	5
1.1.2 Le modèle descriptif	6
1.1.3 Le modèle prescriptif	9
1.2 La prise de décision chez les animaux.....	9
1.3 La tâche d'élimination progressive	11
1.3.1 L'information métrique : distance et angle de déviation.....	13
1.3.2 L'information catégorielle : La visibilité.....	23
1.3.3 Sommaire des résultats	30
1.4 Objectif de la thèse	31
CHAPITRE II Article 1	33
CHAPITRE III Article 2	85
CONCLUSION.....	134
4.1 Résultats généraux des deux articles de thèse	134
4.1.1 Interprétations théoriques	141
4.1.2 Apports et limites de la thèse	145
4.2 Conclusion	148
BIBLIOGRAPHIE	149

RÉSUMÉ

La présente thèse a pour but d'étudier le système décisionnel du chien domestique à l'aide de la tâche d'élimination progressive (TEP). Dans cette tâche, les animaux doivent visiter plusieurs cibles appâtées dans n'importe quel ordre, pourvu que toutes les cibles soient visitées.

Les études utilisant la TEP ont montré que les animaux ont recours à des règles de décision simples pour résoudre la tâche. Ces règles sont basées sur l'évaluation du ou des paramètres en jeu au moment de la prise de décision et sont réinitialisées à chaque prise de décision (Dumas, St-Louis et Routhier, 2006). La plupart de ces études ont examiné l'impact d'un paramètre métrique (e.g., la déviation angulaire entre les cibles adjacentes) sur la prise de décision. Les résultats ont montré que ce paramètre active la divergence (i.e., choisir la cible la plus éloignée du choix précédent) chez plusieurs espèces (voir Lachman et Brown, 1957 ; Lachman, 1965 ; 1969 ; Fabrigoule, 1974 ; Dumas et Dorais Pagé, 2006). La TEP a également été utilisée pour examiner l'impact d'un paramètre catégoriel (e.g., la visibilité) sur la prise de décision chez un chasseur solitaire, le chat domestique (Dorais Pagé et Dumas, 2009). Les résultats ont montré que les chats implantent la règle de la visibilité (i.e., visiter les cibles visibles en premier et les cachées en dernier) lorsqu'ils doivent visiter des cibles visibles et cachées.

Des règles de décision simples comme la règle de la divergence et la règle de la visibilité permettent aux animaux de prendre des décisions rapides et efficaces. Malgré leur pertinence du point de vue de la survie de l'animal, ces règles de décision simples ont peu fait l'objet de modélisation notamment lorsqu'elles sont en interaction. Le but de cette thèse est d'examiner l'impact de la visibilité et de la déviation angulaire lorsque ces deux paramètres interagissent dans la prise de décision. La première étude comprend trois expériences et porte sur l'effet de la visibilité sur les stratégies de recherche. La deuxième étude comprend trois expériences cherchant à clarifier les conditions dans lesquelles la règle de la visibilité est implantée.

La première étude indique que les chiens implantent systématiquement la règle de la visibilité lorsque le bol intermédiaire est la cible distincte (i.e., la cible visible parmi

les cachées ou la cible cachée parmi les visibles). De plus, les chiens sélectionnent au hasard parmi les deux cibles équivalentes (i.e., les deux cibles externes visibles ou les deux cibles externes cachées). Cependant, lorsque l'une des deux cibles externes est la cible distincte, on observe un effet de la cible externe qui se manifeste soit par l'implantation de la règle de la visibilité au premier choix mais pas au deuxième choix, soit par une sélection non-aléatoire des cibles équivalentes ou soit par une sélection aléatoire ou presque aléatoire des cibles. Ces résultats ont été interprétés en fonction de l'hypothèse attentionnelle.

La deuxième étude indique que les angles de déviation inégaux peuvent moduler l'implantation de la règle de la visibilité et la sélection des cibles équivalentes lorsque le bol intermédiaire est la cible distincte. Dans ces circonstances, soit la règle de la visibilité est implantée et la sélection entre les cibles équivalentes n'est plus au hasard, soit la sélection entre les trois cibles est aléatoire. Ces résultats sont discutés en terme d'un compromis entre la flexibilité des comportements de recherche et la charge cognitive.

Mots clés : chiens domestiques, tâche d'élimination progressive, règles de décision simples, visibilité, angle de déviation, compromis, flexibilité et charge cognitive.

INTRODUCTION

Dans leur vie quotidienne, les animaux sont confrontés à des situations qui nécessitent des prises de décisions essentielles à leur survie. Alors que certaines décisions nécessitent une accumulation de données au fil du temps, d'autres sont prises rapidement et en fonction d'un ou deux paramètres décisionnels. Pour ce type de décisions, les animaux ont recours à des règles de décision simples appelées aussi règles cognitives.

Les chercheurs se sont intéressés à la tâche d'élimination progressive (TEP) afin d'étudier les règles de décision simples utilisées par les animaux. La TEP consiste à présenter plusieurs cibles qui doivent être visitées par l'animal. L'animal doit visiter les cibles dans n'importe quel ordre jusqu'à ce qu'il ait vidé toutes les cibles de leur contenu sans retourner à celles déjà visitées. Cette tâche a été utilisée dans plusieurs études afin d'examiner les stratégies de recherche utilisées par les animaux et présenterait, selon Valsecchi, Bartolomucci, Aversano et Visalberghi (2000), une bonne validité écologique

Les études utilisant la TEP ont permis de mettre en évidence l'utilisation de certaines règles décisionnelles simples, comme la moindre distance, la divergence et la déviation angulaire minimale. La règle de la moindre distance consiste à choisir les cibles en fonction de la distance minimale entre les cibles et le point de départ ou entre deux cibles adjacentes. La règle de la divergence quant à elle consiste à choisir la cible la plus éloignée du choix précédent. Inversement, la règle de la déviation angulaire

minimale consiste à choisir les cibles les plus rapprochées en premier. La TEP a surtout été utilisée pour étudier les règles décisionnelles liées à l'information métrique chez les rongeurs et les primates.

Bien que les animaux peuvent se baser sur de l'information de nature métrique pour prendre des décisions, ils peuvent également se baser sur de l'information de nature catégorielle, notamment la visibilité ou non d'une cible. L'utilisation de l'information catégorielle est d'une grande utilité pour les animaux qui possèdent la permanence de l'objet, comme les chats et les chiens. Dorais Pagé et Dumas (2009) ont administré à des chats, un chasseur solitaire, une TEP à 3 choix ayant comme but d'examiner l'impact de la visibilité (voir Dorais Pagé et Dumas, 2009). Cette étude a montré que les chats utilisent une règle de décision simple appelée la règle de la visibilité qui consiste à sélectionner les cibles visibles en premier et les cibles cachées en dernier.

Les règles de décision simples sont utilisées par de nombreuses espèces et il existe des similitudes et des différences entre les espèces quant à l'utilisation de ces règles. En ce qui a trait aux chats et aux chiens, on constate que les chiens utilisent autant la règle de la moindre distance que la règle de la divergence (Dumas et Dorais Pagé, 2006) tandis que les chats utilisent la règle de la moindre distance et la déviation angulaire minimale (Dorais Pagé et Dumas, 2003 ; 2009). Des études utilisant une tâche autre que la TEP ont également montré que les chiens ne tiennent pas compte de la déviation angulaire pour atteindre une cible cachée mais les chats oui, utilisant la règle de la déviation angulaire minimale (voir Chapuis, Thinus-Blanc et Poucet, 1983 et Poucet, Thinus-Blanc et Chapuis, 1983).

Les études utilisant la TEP ont également permis de montrer que lorsque ces règles de décision simples sont en compétition et mènent à différentes cibles, c'est la règle ayant

le plus grand poids décisionnel qui l'emportera. Dans une situation où deux règles décisionnelles sont en compétition et mènent à la même cible, on constate que le poids décisionnel de ces deux règles semble s'additionner (voir Dumas et al., 2006). Les règles décisionnelles ont peu fait l'objet de modélisation notamment lorsqu'elles sont en interaction. Comme ces règles simples permettent aux animaux de prendre des décisions rapides et efficaces et sont pertinentes du point de vue de la survie de l'animal, il nous apparaît pertinent d'en faire l'étude.

Si certaines études ont montré que les chats et les chiens possèdent un système décisionnel semblable, d'autres ont montré qu'il existe des différences entre ces espèces en ce qui a trait au traitement de la visibilité et de la déviation angulaire. Ces différences ont été expliquées en fonction du mode de chasse de ces espèces (voir Dumas et Dorais Pagé, 2006). L'objectif de la présente thèse est donc d'étudier le système décisionnel du chien domestique, un chasseur social, à l'aide d'une TEP, plus particulièrement l'impact de la visibilité et de la déviation angulaire lorsque ces deux paramètres interagissent dans la prise de décision.

CHAPITRE I

CONTEXTE THÉORIQUE

1.1 La prise de décision

Chaque jour, les animaux, comme les humains, sont confrontés à des situations qui nécessitent de nombreuses prises de décisions. Plusieurs de ces décisions revêtent une importance considérable étant essentielles pour la survie, par exemple choisir un partenaire pour la reproduction, un habitat ou encore des stratégies de cueillette de nourriture. La prise de décision est un processus cognitif complexe et l'un des plus fondamentaux de la vie quotidienne. Un tel processus implique que le décideur doit choisir une option parmi plusieurs ; ce qui nécessite de recueillir l'information dans l'environnement et l'analyser afin de comparer les diverses options possibles. Une fois la comparaison effectuée, l'objectif est de sélectionner la meilleure option parmi celles qui lui sont offertes (Cadet et Chasseigne, 2009).

De façon générale, la plupart des théories portant sur la prise de décisions sont associées à l'un des trois types de modèle suivant : 1) le modèle normatif, qui renvoie à ce que les individus devraient faire, 2) le modèle descriptif, qui renvoie à ce que les individus font en réalité, et 3) le modèle prescriptif, qui renvoie à ce que les individus devraient et peuvent faire (McFall, 2015 ; Reed, 2011). Un aperçu plus détaillé de ces modèles sera présenté dans les paragraphes suivants.

1.1.1 Le modèle normatif

L'origine des travaux effectués sur la prise de décision remonte au 17^e siècle, époque à laquelle les premières théories normatives de la prise de décision ont vu le jour grâce aux travaux de Blaise Pascal et Pierre de Fermat portant sur le calcul des probabilités, notamment en ce qui a trait aux jeux de hasard (voir McFall, 2015 ; Cadet et Chasseigne, 2009). Selon l'approche privilégiée par Pascal, le décideur doit d'abord déterminer tous les résultats possibles d'un événement en ayant recours à une fonction de probabilité. Ceci correspond à la théorie de la valeur attendue (*expected value theory*) (McFall, 2015 ; Reed, 2011). La valeur attendue est la somme des valeurs possibles pour un événement donné, chacune des valeurs possibles étant multipliée par sa probabilité d'occurrence. Prenons par exemple 20 personnes qui participent à un tirage au sort pour gagner un prix de 100 dollars (Bradbury et Vehrencamp, 2011). La probabilité de gagner pour chaque participant est donc égale à 0.05 (1/20) et la probabilité de perdre est égale à .95 (1.00 – 0.05). Si un participant gagne, il obtient 100 dollars. Si un participant perd, il ne gagne aucune somme d'argent puisqu'il n'y a aucun prix de consolation. La valeur attendue (gain moyen) pour ce tirage au sort est donc égale à 5 dollars, soit $(0.05 \times 100 \$) + (0.95 \times 0) = 5$. Selon Pascal, un choix qui est déterminé en fonction de la valeur attendue d'un événement correspond à un choix rationnel.

Plus tard, en 1738, Daniel Bernoulli a révisé la théorie de la valeur attendue et proposé la théorie de l'utilité espérée (*expected utility theory*) (pour plus de détails voir Briggs, 2017 ; McFall, 2015). Selon cette théorie, la valeur subjective ou la désirabilité qu'associent les individus à un événement donné serait un meilleur prédicteur du choix en contexte de prise de décision que le gain ou le résultat comme tel. Cette théorie suppose que l'individu évalue les avantages et inconvénients des options possibles et assigne à chacune d'elles une probabilité d'occurrence et une désirabilité ou utilité quelconque. Les résultats de cette analyse sont ordonnés en fonction de leur relation

transitive et l'individu choisit l'option pour laquelle la valeur combinée de la probabilité d'occurrence et de la désirabilité est maximale. Ce choix, qui résulte d'un processus de maximisation de l'utilité subjective, est aussi considéré comme un choix rationnel.

Les travaux de Pascal et de Bernoulli ont largement inspiré les théories ultérieures faisant appel à l'espérance mathématique et la maximisation comme moyen de prise de décision ; notamment la théorie de l'utilité espérée qui continue d'exercer une influence dans le domaine de la prise de décision.

En bref, les modèles normatifs caractérisent la prise de décision comme étant un processus qui obéit à un ensemble de règles logiques permettant aux individus d'effectuer des choix dits rationnels. Les modèles normatifs supposent que les individus ont un accès complet à l'information provenant de leur environnement et qu'ils sont en mesure de traiter cette information. Ceci implique que les individus ont le temps et les capacités cognitives nécessaires pour évaluer et comparer toutes les options disponibles. Étant donné que les modèles normatifs renvoient aux données objectives et à l'analyse formelle plutôt qu'à l'intuition, un choix qui ne correspond pas aux critères normatifs pourrait s'expliquer par de l'information erronée provenant de l'environnement ou une source de bruit quelconque (fatigue, etc.).

1.1.2 Le modèle descriptif

L'approche normative a dominé l'étude de la prise de décision jusque dans les années 1950. Alors que les études montraient que les individus pouvaient effectivement prendre des décisions rationnelles, nombre d'études montraient aussi que les individus effectuaient des choix qui ne correspondaient pas toujours aux critères

normatifs (Over, 2004). Face à de telles données que ne pouvaient expliquer l'approche normative, Simon (1955) proposa le principe de rationalisation limitée (*Bounded Rationality*). Selon ce principe, les individus n'ont pas nécessairement accès à toute l'information provenant de leur environnement mais sont aussi limités dans leur capacité à traiter cette information. Face à ces limites cognitives et afin de prendre des décisions rapides et efficaces, les individus sont sélectifs quant à l'information qu'ils doivent traiter (Coskunoglu et Weber, 1989) et ont recours à des stratégies alternatives à celles rattachées à l'approche normative. Les décisions sont alors prises dans un contexte de rationalité partielle, ce qui peut résulter en une décision qui ne correspond pas à un choix rationnel tel que défini par les modèles normatifs.

Ces stratégies alternatives, appelées heuristiques, sont des règles simples de traitement de l'information, des raccourcis cognitifs mis en œuvre de façon quasi intuitive par les individus dans un contexte décisionnel (Goldstein et Gigerenzer, 2002 ; Cadet et Chasseigne, 2009). L'utilisation d'heuristiques permet aux individus d'aboutir rapidement à un résultat et leur permet de demeurer fonctionnels, surtout dans des situations où il s'avère difficile ou impossible d'effectuer un traitement en profondeur de l'information (Corneille, 2010). Les heuristiques permettent donc aux individus de résoudre des problèmes avec un minimum d'effort cognitif.

Mais l'utilisation d'heuristiques peut mener à des biais cognitifs dans la prise de décision. Un biais cognitif peut être défini comme étant une « distorsion systématique du jugement par rapport à l'optimalité résultant de l'usage des heuristiques » (Cadet et Chasseigne, 2009). Par exemple, se fier uniquement aux informations disponibles en mémoire (heuristique de disponibilité) peut mener à une surestimation d'occurrence d'un évènement quelconque (biais cognitif).

L'approche descriptive appliquée à la prise de décision est bien illustrée par la théorie prospective (*prospect theory*). Cette théorie, qui remet en question celle de l'utilité espérée, fut développée par Kahneman et Tversky en 1979 afin de souligner le fait que les individus évaluent les gains et les pertes différemment dans la prise de décision. Dans leur étude, les auteurs ont présenté deux scénarios à des individus et leur ont demandé de choisir entre deux options. Dans le premier scénario, les individus devaient choisir entre 50 % de chance de gagner 1000 \$ (option 1) et 100 % de chance de gagner 500 \$ (option 2). Dans le deuxième scénario, les mêmes individus devaient choisir entre 50 % de chance de perdre 1000 \$ (option 1) et 100 % de chance de perdre 500 \$ (option 2). Selon les auteurs, les individus qui choisissent l'option 2 dans les deux scénarios démontrent une plus grande aversion au risque que les individus qui choisissent l'option 1. Cependant, les résultats ont montré que la majorité des individus qui ont choisi l'option 2 dans le premier scénario ont choisi l'option 1 dans le deuxième. Autrement dit, les individus ont démontré une aversion pour le risque dans une situation où les choix impliquaient des gains certains et une préférence pour le risque dans une situation où les choix impliquaient des pertes certaines. Ainsi, semblerait-il que les pertes potentielles ont plus de poids sur la prise de décision que les gains potentiels d'une même valeur. Ceci est connu sous le nom du biais de l'aversion de la perte (i.e., la peur des pertes potentielles est plus forte que l'attrait des gains potentiels), ce qui fausse la perception du risque (voir Bélorgey, 2017).

Pour conclure, les modèles descriptifs s'inspirent de travaux menés dans le domaine de la psychologie cognitive et sociale et cherchent à expliquer les comportements réels des individus dans un contexte décisionnel. Ils tiennent compte de la rationalité limitée chez les individus et comment ils effectuent des décisions en cas d'incertitude. Contrairement au risque, qui renvoie à une situation où toutes les issues sont connues et probabilisables, l'incertitude renvoie à une situation où les issues ne sont pas

nécessairement toutes connues et probabilisables (voir Knight, 1921, tel que cité par Rakow, 2010).

1.1.3 Le modèle prescriptif

Le troisième grand modèle décisionnel est le modèle prescriptif. Ce modèle est basé à la fois sur les fondements théoriques des modèles normatifs et descriptifs et s'inscrit dans une perspective pragmatique de la prise de décision (voir Bell, Raiffa et Tversky, 1988 ; Dillon, 1998). Les modèles prescriptifs utilisent des principes ou des règles afin d'indiquer quelles sont les décisions à prendre dans une situation donnée, tels que les arbres décisionnels (voir Coskunoglu et Weber, 1989). Comme il s'agit d'un modèle décisionnel qui est surtout destiné à fournir aux organisations des outils d'aide à la décision, nous n'allons pas en discuter davantage.

1.2 La prise de décision chez les animaux

Comme nous l'avons déjà mentionné, les animaux sont également confrontés à des situations quotidiennes nécessitant de nombreuses prises de décision. La question qui se pose alors est de savoir comment la prise de décision est modélisée chez les animaux. Tout comme pour l'humain, la modélisation du processus de prise de décision chez l'animal est liée à l'approche normative et à l'approche descriptive.

Un des modèles décisionnels le plus souvent cité dans la littérature animale et qui se rattache à l'approche normative est celui de l'optimalité. Selon ce modèle, qui est notamment privilégié dans le domaine de l'écologie comportementale, la stratégie optimale est décrite en fonction d'une analyse coûts/bénéfices. Pour qu'une décision

soit considérée optimale, les bénéfices associés au choix doivent dépasser les coûts de ce choix (Ha, 2010). Un bilan énergétique positif des activités de quête de nourriture, soit le rapport positif entre la quantité de calories fournie par un aliment et la quantité de calories dépensée par l'animal pour l'obtenir, est un exemple de décision optimale. Les études ont montré que les animaux sont en mesure de prendre de telles décisions (Bradbury et Vehrencamp, 2011 ; Fantino, 2012 ; Sih, 2013). Ceci suggère qu'ils possèdent l'outillage cognitif qui favorise ce type de prise de décision. Ainsi, les animaux sont non seulement en mesure d'acquérir de l'information sur les événements pertinents à la prise de décision au fil du temps, mais aussi d'estimer leurs probabilités d'occurrence (Bradbury et Vehrencamp, 2011).

Toutefois, comme c'est le cas pour les humains, les décisions prises par les animaux ne correspondent pas toujours aux critères normatifs. Les animaux sont également limités dans leur capacité à traiter l'information provenant de leur environnement. Face à ces limites cognitives, ils sont sélectifs quant à l'information qu'ils doivent traiter et ils ont aussi recours à des stratégies alternatives à celles préconisées par l'approche normative afin de prendre des décisions. Cela dit, l'utilisation de ces stratégies peut mener aux mêmes biais cognitifs que ceux observés chez les humains (Bradbury et Vehrencamp, 2011 ; Fantino, 2012 ; Zentall, 2016). Les décisions sont donc prises avec une rationalité limitée.

Comme nous pouvons le constater, la prise de décision est un processus complexe qui est influencé par plusieurs facteurs psychologiques et environnementaux. Tenant compte de l'impact de tous ces facteurs, les animaux comme les humains ont alors recours à un ensemble diversifié d'outils cognitifs afin de résoudre les problèmes liés à la prise de décision.

Dans certaines conditions, les animaux font appel à des processus leur permettant d'établir la relation entre les évènements ainsi que leur prévisibilité, ce qui nécessite une évaluation répétée des paramètres décisionnels ainsi qu'une mise à jour constante de leur probabilité d'occurrence (Bradbury et Vehrencamp, 2011) ; cela implique une accumulation des données au fil du temps lorsque l'occurrence et la récurrence des évènements sont relativement constantes. Toutefois, la prise de décision ne nécessite pas toujours une telle accumulation de données en mémoire à long terme, notamment lorsque les conditions dites locales changent constamment faisant en sorte que les valeurs des paramètres décisionnels changent aussi, comme lors de la poursuite d'une proie (Dumas, 2000). Dans de telles conditions, les animaux peuvent avoir recours à des règles de décision simples basées sur l'évaluation du ou des paramètres en jeu au moment de la prise de décision et qui sont réinitialisées à chaque prise de décision (Dumas et al., 2006). Ces règles permettent aux animaux de prendre des décisions rapides et efficaces et nécessitent peu ou pas d'apprentissage. Toutefois, ces règles simples ont peu fait l'objet de modélisation notamment lorsqu'elles sont en interaction. Elles sont pourtant pertinentes du point de vue de la survie de l'animal d'où la pertinence d'en faire l'étude.

1.3 La tâche d'élimination progressive

Peu ou pas de modèles théoriques ont été proposés pour rendre compte du fonctionnement de telles règles décisionnelles simples, encore moins lorsqu'elles sont en interaction. Cependant, il existe quelques paradigmes méthodologiques permettant d'en faire l'étude. Entre autres, on retrouve la tâche d'élimination progressive (TEP) qui consiste à présenter un certain nombre de cibles appâtées (habituellement trois ou quatre) à l'animal qui doit ensuite les visiter, peu importe l'ordre, jusqu'à ce qu'il ait

vidé toutes les cibles de leur contenu (voir schéma 1). Dans cette tâche, l'animal reçoit d'abord un entraînement qui consiste à lui faire apprendre à visiter une seule cible et à la vider. Par la suite, les essais expérimentaux dans lesquels l'animal doit visiter et vider plusieurs cibles sont immédiatement administrés. Ainsi, visiter et vider plusieurs cibles appâtées de leur contenu constitue une règle implicite que l'animal doit apprendre au fil des essais expérimentaux. Dépendamment des objectifs de recherche, le chercheur peut soit ramener l'animal au point de départ après chacune de ses visites, peu importe qu'il s'agisse d'un choix correct (cible non visitée) ou d'une erreur (cible déjà visitée); soit ne pas ramener l'animal au point de départ après chacune de ses visites. Mais, peu importe la méthodologie utilisée, le chercheur note à chaque essai l'ordre dans lequel les cibles appâtées sont visitées, c'est-à-dire qu'il note ce qu'on appelle le patron d'élimination.

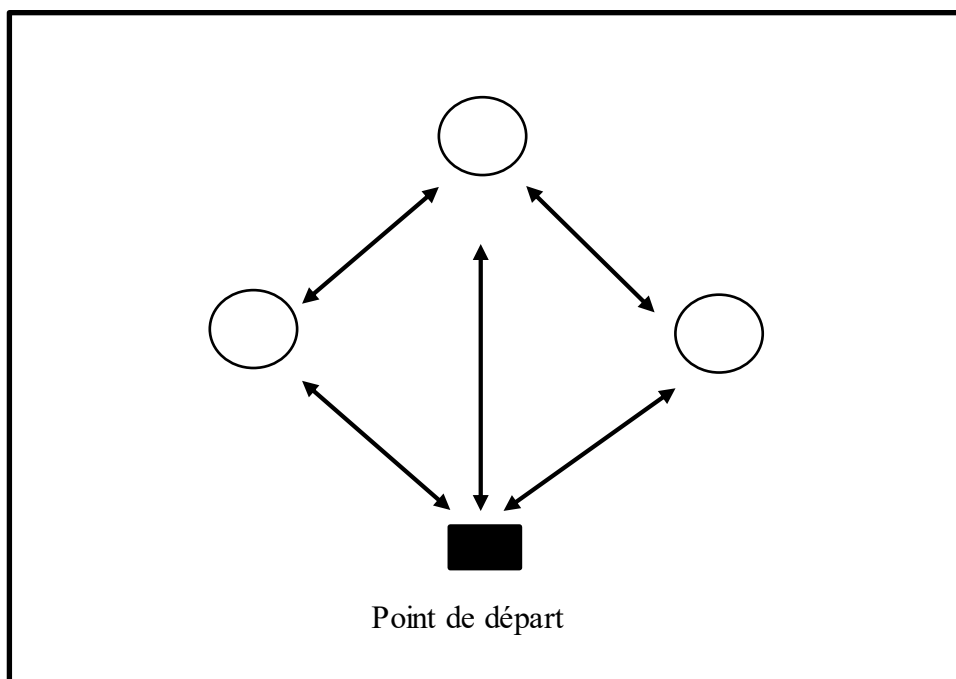


Schéma 1. Tâche d'élimination progressive dans laquelle la distance entre le point de départ et les cibles et les cibles adjacentes est constante.

Cette tâche fut élaborée par Crannell au début des années 40 à partir de la tâche du labyrinthe à deux bras en T ou en Y, tâche qui était alors fréquemment utilisée dans l'étude de l'apprentissage spatial chez les animaux. Dans la tâche du labyrinthe à deux bras l'animal ne peut visiter qu'un bras à chaque essai et, pour résoudre la tâche, il doit, à l'essai suivant, éviter de retourner au bras précédemment visité. Certains chercheurs avaient observé qu'au point de jonction des deux bras du labyrinthe les rats manifestaient un comportement d'hésitation. Ils arrêtaient au point de jonction des deux couloirs et remuaient leur museau de gauche à droite avant de choisir et de visiter un couloir (Tolman, 1926, tel que cité par Muenzinger, 1938). Comme le soulignait Crannell (1942), les chercheurs à cette époque mesuraient l'apprentissage surtout en fonction du nombre de réussites ou du nombre d'erreurs sans tenir compte des comportements, comme le comportement d'hésitation, pouvant survenir pendant un essai, ces comportements étant considérés comme étant sans importance. Toutefois, dans l'une de ses études antérieures, Crannell avait observé que plus le temps d'hésitation était long, plus la probabilité de commettre une erreur était élevée. Puisque ce comportement semblait pertinent dans l'apprentissage de la tâche, Crannell (1942) souligna l'importance d'étudier ce comportement de façon plus approfondie. Il conçut alors une TEP à quatre choix (i.e., 4 bras) dans laquelle le rat peut en arriver à une solution (i.e., visiter tous les bras) de plusieurs façons (i.e., l'ordre dans lequel les bras sont visités peut varier), permettant ainsi de générer une plus grande variabilité comportementale au niveau du temps d'hésitation comparativement à une tâche à choix forcé entre deux couloirs.

1.3.1 L'information métrique : distance et angle de déviation

Dans les années 50, la TEP était surtout utilisée avec des rongeurs à l'aide du labyrinthe en éventail appelé aussi labyrinthe radial. Dans leur étude, Lachman et Brown (1957)

ont voulu vérifier si les rats développaient une stéréotypie dans leurs comportements de recherche. Plus précisément, ils voulaient vérifier si les rats utilisaient les mêmes patrons d'élimination pendant plusieurs essais consécutifs. Pour ce faire, ils ont utilisé une plateforme servant de point de départ et reliée à quatre bras au bout desquels se situait un morceau de nourriture. Les rats étaient libres de choisir l'ordre dans lequel ils visitaient les cibles (i.e., les bras) et étaient ramenés au point de départ à la suite de chaque visite, qu'il s'agisse d'un choix correct ou d'une erreur. La tâche était apprise lorsque les rats visitaient les quatre sites sans commettre d'erreur.

Les résultats obtenus par Lachman et Brown (1957) ont montré qu'aucune stéréotypie n'était apparue au cours des essais expérimentaux. En d'autres termes, les rats manifestaient de la variabilité dans la mesure où les patrons d'élimination différaient d'un essai à l'autre, et ce même si le rat ne commettait plus d'erreurs. En outre, les résultats ont aussi montré qu'après avoir choisi un bras, les rats, pour le choix suivant, avaient une préférence pour le bras le plus éloigné du choix précédent. Cette préférence, qui s'est manifestée dès les premiers essais expérimentaux, a également été observée dans deux autres études, l'une avec une plateforme à cinq bras (Lachman, 1965) et l'autre avec une plateforme à trois bras (Lachman, 1969). Lachman utilisa le terme de « principe de divergence maximale », ou règle dite de la déviation angulaire maximale, pour décrire la tendance chez le rat à éviter les parcours adjacents et à opter pour le couloir le plus éloigné du parcours choisi précédemment. Ce phénomène a également été observé chez d'autres espèces telles que les souris (Valsecchi, Bartolomucci, Aversano et Visalberghi, 2000), les chiens (Fabrigoule, 1974 ; Dumas et Dorais Pagé, 2006 ; Dumas, Laperlier, Guillou et LeBlanc, 2018) et les chats (Poucet, Buhot-Averseng et Thinus-Blanc, 1983a).

Dans ses études, Lachman souligne que la variabilité observée dans les comportements de recherche des rats n'est pas facilement conciliable avec l'approche associationniste classique « stimulus-réponse » de l'époque puisque le critère de réussite est atteint sans nécessairement toujours répéter exactement le même patron d'élimination. D'ailleurs, Lachman souligne que cette variabilité au niveau du comportement de recherche ne serait pas incompatible avec la notion de carte cognitive telle que proposée par Tolman (1925). Quoiqu'il en soit, il suggère que la divergence permettrait aux rats de mieux discriminer les couloirs les uns des autres, la distance étant alors la plus grande possible entre deux couloirs.

Dans les années 1970, quelques chercheurs se sont intéressés aux TEP afin d'examiner les comportements et stratégies de recherche des animaux mais cette fois dans des espaces ouverts. Une des premières expériences utilisant la TEP dans un espace ouvert a été menée par Menzel (1973) auprès de chimpanzés. Dans cette étude, un expérimentateur avait caché des morceaux de fruits à 18 endroits différents (sites appâtés) sélectionnés au hasard à l'intérieur d'un enclos. Les chimpanzés observaient l'expérimentateur cacher les morceaux de fruits avant d'être relâchés dans l'enclos (endroit de recherche). Les sujets étaient libres de visiter les sites appâtés dans n'importe quel ordre mais, contrairement aux expériences de Lachman, ils n'étaient pas ramenés au point de départ après chaque choix. Les résultats ont montré que, dans de telles conditions, les sujets avaient tendance à visiter le site situé le plus près du point de départ en premier, puis allaient à celui qui était le plus prêt et ainsi de suite de sorte à minimiser la distance à parcourir d'un site à l'autre. Selon Menzel (1973), pour résoudre la tâche, les chimpanzés ont utilisé une règle cognitive qu'il a qualifiée de « moindre distance ». Des études subséquentes utilisant la TEP ont montré que plusieurs animaux tels que les rats (Roberts et Dale, 1981 ; Yoerg & Kamil, 1982), les capucins (De Lillo, Visalberghi et Aversano, 1997), les singes à nez jaunes (McDonald

et Wilkie, 1990), les chimpanzés (Menzel, 1973), les gorilles (McDonald, 1994), les chiens (Dumas et Dorais Pagé, 2006) et les chats (Dorais Pagé et Dumas, 2003) implantent également cette règle cognitive.

À la même période, Fabrigoule (1974), a administré une TEP à quatre choix à des chiens domestiques dans un espace ouvert. Le but de cette étude était d'étudier les mécanismes qui sous-tendent les comportements de recherche des animaux chez une espèce autre que les rongeurs. De plus, selon Fabrigoule, la plupart des études utilisant le chien domestique se limitaient aux recherches effectuées dans le domaine du conditionnement et se déroulaient dans des conditions artificielles. Ainsi, une TEP dans un espace ouvert fut privilégiée pour ce type d'étude puisqu'elle présentait des conditions aussi naturelles que possible offrant aux chiens un maximum de liberté dans la résolution de la tâche. Les quatre cibles étaient placées en éventail face au point de départ et la tâche consistait à visiter toutes les cibles appâtées, le chien étant libre de visiter les bols dans n'importe quel ordre jusqu'à ce que toutes les cibles soient visitées et vidées de leur contenu. Les chiens étaient ramenés au point de départ à la suite de chaque choix correct. Cependant, lorsque le chien commettait une erreur, c'est-à-dire, lorsqu'il visitait une cible déjà vidée de son contenu, l'expérimentateur n'intervenait pas jusqu'à ce que le chien visite une cible appâtée. Les résultats ont révélé que les chiens utilisaient la divergence pour résoudre cette tâche, bien qu'elle ne soit pas apparue spontanément comme ce fut le cas pour les rats (Lachman et Brown, 1957 ; Lachman, 1965, 1969). Selon Fabrigoule, tout comme Lachman, la divergence permettrait de mieux distinguer les cibles les unes des autres. Poucet et al. (1983a) ont administré à des chats la même TEP que celle utilisée par Fabrigoule avec les chiens. Les résultats ont montré que les chats utilisaient aussi le principe de la divergence pour résoudre la tâche. Les auteurs optent également pour une explication favorisant une

meilleure discrimination entre les cibles pour rendre compte des comportements de divergence chez le chat.

La TEP fut par la suite délaissée un certain temps avant de connaître un regain d'intérêt dans le milieu des années 1990, une époque où l'étude de la psychologie animale privilégie déjà l'approche cognitive. Valsecchi et al. (2000) ont alors souligné les avantages liés à l'utilisation de la TEP pour étudier les comportements de recherche des animaux. Tout d'abord, les auteurs soulignent que les études menées en laboratoire sur les comportements de recherche des animaux peuvent être considérées valides dans la mesure où elles tiennent compte et des demandes auxquelles font face les animaux dans leur environnement naturel et de leur histoire phylogénétique. Selon Valsecchi et al. (2000), la TEP présenterait une bonne validité écologique puisque la tâche nécessite que les animaux visitent plusieurs cibles dispersées dans l'espace, une demande à laquelle les animaux font face dans leur environnement lorsqu'ils doivent se nourrir, par exemple. De plus, la tâche peut être adaptée en fonction de l'histoire évolutive des espèces. Ainsi, les chercheurs peuvent placer les cibles appâtées au sol pour des rongeurs qui restent habituellement au sol pour se nourrir ou bien suspendre les cibles au plafond d'un enclos pour des primates qui cherchent habituellement leur nourriture dans les arbres. La TEP est donc facilement adaptable à différentes espèces, ce qui permet aux chercheurs d'examiner les comportements de recherche de plusieurs espèces à l'aide de la même tâche et d'effectuer plus directement des comparaisons inter-espèces. Finalement, toujours selon Valsecchi et al. (2000), les animaux bénéficient d'une grande liberté quant aux choix des patrons d'élimination des cibles dans une TEP, permettant ainsi une grande spontanéité dans la résolution de la tâche.

Cet intérêt renouvelé pour la TEP a amené De Lillo et al. (1997) à étudier l'efficacité du comportement de recherche chez les capucins. Dans cette étude, les capucins

devaient visiter et vider le contenu de neuf cibles attachées au plafond d'une cage (espace de recherche). Soit les neuf cibles étaient réparties en 3 regroupements de 3 cibles chacun et espacés les uns des autres, soit les cibles étaient réparties sous forme d'une matrice carrée 3 x 3. Les résultats ont montré qu'il y avait une diminution de déplacements redondants vers des cibles déjà visitées, donc que la recherche était plus efficace, lorsque les cibles étaient regroupées en trois que lorsqu'elles étaient disposées sous forme d'une matrice. Selon les auteurs, il se peut que ce résultat reflète une spécialisation cognitive chez les primates pour qui les ressources alimentaires sont souvent distribuées sous forme de parcelle dans l'environnement.

Une étude subséquente menée par De Lillo, Aversano, Tuci et Visalberghi (1998) avait encore pour but d'examiner l'efficacité de la recherche des capucins dans une TEP mais cette fois où neuf cibles étaient réparties de sorte à former soit une ligne droite, un cercle, une croix ou une matrice carrée 3 x 3 comme celle utilisée par De Lillo et al. (1997). Les résultats ont montré que la recherche était plus efficace lorsque les cibles étaient disposées en cercle ou en ligne droite. Les capucins visitaient alors les cibles adjacentes les unes à la suite des autres limitant ainsi les visites redondantes. Selon les auteurs, ces résultats peuvent s'expliquer par le fait que les singes capucins appliquent tout simplement la règle de la moindre distance, ce qui, par conséquent, diminue la charge mnémonique. Ainsi, l'efficacité accrue de la stratégie de recherche, telle qu'observée dans l'étude de De Lillo et al. (1997) avec le capucin, n'est pas limitée à une situation où les cibles sont disposées en regroupement de trois cibles.

Valsecchi et al. (2000) ont quant à eux étudié les comportements de recherche chez les souris à l'aide d'une TEP en utilisant le même dispositif spatial que celui utilisé avec les capucins par De Lillo et al. (1997), soit des cibles placées en groupes de trois ou en matrice 3x3, les cibles étant placées cette fois au sol. Les résultats ont montré

que la recherche était plus efficace lorsque les cibles étaient disposées en forme de matrice que lorsqu'elles étaient regroupées en groupe de trois (contrairement aux capucins). De plus, lorsque les cibles étaient regroupées en bloc de 3, les souris ne les visitaient pas toutes systématiquement les obligeant ainsi à revenir. Les auteurs ont expliqué ces différences entre souris et singes capucins, d'une part, par le fait que ces deux espèces sont soumises à des exigences différentes en ce qui concerne la cueillette de nourriture. Les souris ont évolué en fonction de ressources alimentaires plutôt dispersées et dont le renouvellement est peu prévisible. D'autre part, les auteurs ont suggéré que le fait que les souris ne visitaient pas systématiquement les trois cibles d'un regroupement lors de la toute première visite pourrait refléter une stratégie anti-prédatrice, puisque le risque de prédation peut être plus élevé pour une espèce qui demeure généralement au sol que pour une espèce qui peut grimper aux arbres pour échapper à un prédateur. Mais il ne faut pas oublier qu'une telle stratégie anti-prédatrice a pour conséquence d'augmenter la charge mnémotique, puisque les souris devaient non seulement se rappeler des regroupements de cibles visités, mais aussi des cibles visitées à l'intérieur de ces regroupements.

Les trois études décrites précédemment montrent que la façon dont les cibles sont distribuées dans l'espace influence l'efficacité de la stratégie de recherche. Toutefois, la distribution des cibles implique à la fois une distance entre les bols adjacents et une distance entre le point de départ et les cibles. Or, ces deux facteurs sont souvent confondus dans ces études. Dorais Pagé & Dumas (2003) ont étudié systématiquement ces deux paramètres chez le chat domestique à l'aide d'une TEP dans laquelle trois cibles étaient placées en éventail devant le sujet de sorte que la cible intermédiaire était située dans l'axe corporel de l'animal. Les résultats ont montré que les chats visitaient les cibles de façon aléatoire lorsque la distance entre le point de départ et les cibles était constante ainsi que la distance entre les cibles adjacentes. Ces résultats suggèrent une

certaine flexibilité au niveau des stratégies de recherche. Toutefois, lorsque la distance entre le point de départ et les cibles variait, les résultats ont révélé que les chats implantaient la règle de la moindre distance. Enfin, lorsque la cible intermédiaire était rapprochée de l'une des deux cibles externes et que la distance entre le point de départ et les cibles était constante, les animaux visitaient les cibles les plus rapprochées en premier, ce qu'on pourrait qualifier de règle de la moindre déviation angulaire par opposition à la divergence.

Dumas et Dorais Pagé (2006) ont utilisé le même dispositif spatial et de la même procédure expérimentale que ceux utilisés par Dorais Pagé et Dumas (2003) avec les chats et décrits dans le paragraphe précédent afin d'examiner les comportements de recherche chez le chien. Leurs résultats ont montré que les chiens visitaient également les cibles de façon aléatoire lorsque la distance entre le point de départ et les cibles était constante ainsi que la distance entre les cibles adjacentes. Les chiens implantaient aussi la règle de la moindre distance lorsque la distance entre le point de départ et les cibles n'était plus constante. Cependant, lorsque la cible intermédiaire était rapprochée de l'une des deux cibles externes, les résultats ont montré que les chiens se basaient sur la divergence (i.e., choisir la cible la plus éloignée du choix précédent) au lieu de visiter les cibles les plus rapprochées en premier comme l'avaient fait les chats. Selon les auteurs, l'utilisation de la divergence serait associée au mode de chasse en groupe des chiens et pourrait avoir une valeur adaptative, puisque demeurer trop près d'un congénère lors de la chasse pourrait diminuer les chances de succès.

Dans une étude subséquente, Dumas, St-Louis et Routhier (2006) ont administré une tâche à deux choix à des chats. Cependant, il ne s'agissait pas d'une TEP à proprement parler puisque les chats ne devaient effectuer qu'un seul choix à chaque essai. Le but de cette étude était de vérifier si les chats maintiennent leur décision initiale lorsqu'ils

doivent modifier leur parcours suite à l'introduction d'un obstacle entre le point de départ et les cibles. L'une des deux cibles était placée à 40 cm devant le chat (angle de déviation nul). L'autre cible était à la même hauteur, soit à 40 cm devant le chat, mais placée à 80 cm à la gauche (ou à la droite) du chat, cette cible était donc la plus éloignée du chat et correspondait au plus grand angle de déviation. Dans de telles circonstances, les études montrent que l'animal choisit sur la base de la règle de la moindre distance la cible la plus rapprochée, soit celle placée directement devant lui (Dorais Pagé et Dumas, 2003 ; Dumas et Dorais Pagé, 2006). Au moment de relâcher l'animal, un panneau était placé entre le chat et les deux cibles obligeant l'animal à le contourner pour atteindre son but qui, en principe, correspondait à la cible la plus rapprochée lorsque le chat était au point de départ. Toutefois, au point de contournement, la cible initialement visée était maintenant la plus éloignée et celle qui était la plus éloignée était maintenant la plus rapprochée. Les résultats ont montré que les chats modifiaient leur décision initiale dans cette situation et visitaient la cible la plus rapprochée du point de contournement, c'est-à-dire la cible qui était originalement la plus éloignée de l'animal. De plus, lorsque les deux cibles étaient équidistantes du chat au point de contournement, il sélectionnait la cible associée à l'angle de déviation nul, soit la cible directement dans l'axe corporel du chat au point de contournement. Finalement, lorsque la distance et l'angle de déviation étaient en compétition au point de contournement (i.e., la cible la plus éloignée associée à l'angle de déviation nul versus la cible la plus rapprochée associée au plus grand angle de déviation), les chats choisissaient la cible la plus rapprochée et associée au plus grand angle de déviation. Pris ensemble, ces résultats montrent qu'une fois rendus au point de contournement, les chats réévaluent les paramètres distance et angle de déviation et que la distance sujet/cible a un plus grand poids décisionnel que l'angle de déviation.

Jusqu'ici, les études recensées montrent que la TEP a permis de mettre en évidence l'utilisation de règles simples comme la règle de la moindre distance, la règle de la déviation angulaire maximale et la règle de la déviation angulaire minimale. On constate alors que la TEP a surtout été utilisée pour étudier l'impact de l'information métrique sur la prise de décision. De plus, lorsque ces règles sont en compétition, la règle de la moindre distance l'emporte sur la règle du plus petit angle de déviation.

Ces études ont également permis de montrer que ces règles de décision simples sont utilisées par de nombreuses espèces mais qu'il existe des différences entre les espèces quant à l'utilisation de ces règles. Par exemple, les primates sont plus efficaces lorsque les cibles sont regroupées contrairement aux rongeurs. Ces différences ont été interprétées en fonction de la répartition et du renouvellement des ressources alimentaires ainsi que du risque de prédation. En ce qui a trait aux différences observés entre les chats (Dorais Pagé et Dumas, 2003) et les chiens (Dumas et Dorais Pagé, 2006 ; Fabrigoule, 1974), on constate que les chats utilisent la règle du plus petit angle de déviation lorsque la distance entre des cibles adjacentes varie tandis que les chiens utilisent la règle de la divergence. Dorais Pagé et Dumas (2006) ont interprété ces différences en fonction du mode de chasse de ces espèces. Selon les auteurs, l'utilisation de la divergence serait liée au mode de chasse en groupe des chiens qui doivent non seulement anticiper et tenir compte des mouvements de leurs proies, mais aussi de ceux de leurs congénères.

1.3.2 L'information catégorielle : La visibilité

Bien que les animaux peuvent se baser sur de l'information de nature métrique pour prendre des décisions, ils peuvent également se baser sur de l'information de nature catégorielle, notamment la visibilité ou non d'une cible. L'utilisation d'un tel type d'information est certainement d'une grande utilité chez des espèces possédant la permanence de l'objet, soit la capacité de maintenir une représentation active de l'information en mémoire à court terme lorsqu'elle celle-ci n'est plus perçue. Jusqu'à maintenant, seuls les chiens et les chats ont été testés à l'aide de TEP ayant comme but d'examiner l'impact de la visibilité des cibles sur la prise de décision.

L'une des premières études ayant mis en évidence l'impact de la visibilité d'une cible sur la prise de décision chez les animaux a été menée par Chapuis, Thinus-Blanc & Poucet (1983) chez le chien. Dans cette étude, les chercheurs ont utilisé une seule cible à chaque essai. Il ne s'agissait donc pas d'une TEP. Toutefois, le but de l'étude étant d'examiner le lien entre information métrique et catégorielle sur la prise de décision, il est néanmoins pertinent de la citer. Les chiens étaient d'abord entraînés à retrouver un objet situé derrière un panneau transparent. Lors de ces essais, le panneau transparent était placé entre le chien et la cible de sorte à créer deux parcours (i.e., par la gauche ou par la droite du panneau) identiques en termes de la distance à parcourir pour atteindre la cible et de la grandeur de l'angle de déviation pour contourner le panneau. Puis, lors des essais expérimentaux, le panneau transparent ou un panneau opaque était placé entre le chien et la cible de sorte que les deux parcours ainsi créés différaient en fonction de la distance à parcourir pour atteindre la cible et/ou de la grandeur de l'angle de déviation pour contourner le panneau.

Il y avait quatre conditions expérimentales. Dans la condition 1, un parcours correspondait à la fois à la moindre distance et à l'angle de déviation minimale tandis

que l'autre correspondait à la distance maximale et à l'angle de déviation maximale. Les résultats ont montré que les chiens choisissaient le parcours qui correspondait à l'angle de déviation minimale et la moindre distance, et ce, peu importe la visibilité de la cible. Dans la condition 2, la distance que devait parcourir le chien pour atteindre la cible était la même pour les deux parcours, mais l'un des deux parcours était associé à l'angle de déviation minimale tandis que l'autre était associé à l'angle de déviation maximale. Les résultats ont montré que les chiens choisissaient le parcours associé à l'angle de déviation minimale lorsque la cible était visible mais choisissaient au hasard entre les deux parcours lorsque la cible était cachée. Dans la condition 3, l'angle de déviation était le même pour les deux parcours, mais l'un des deux parcours était associé à la moindre distance tandis que l'autre parcours était associé à la distance maximale. Les résultats ont montré que les chiens choisissaient plus souvent le parcours associé à la distance minimale dans cette condition, mais seulement lorsque la cible était cachée. Lorsqu'elle était visible, les chiens choisissaient aussi souvent le parcours associé à la distance minimale que celui associé à la distance maximale. Autrement dit, les chiens appliquaient la règle de la moindre distance lorsque la cible était cachée, mais pas lorsqu'elle était visible. Finalement, dans la condition 4, le parcours qui correspondait à l'angle de déviation minimale était associé à la distance maximale tandis que le parcours qui correspondait à l'angle de déviation maximale était associé à la distance minimale. Les résultats ont montré que les chiens choisissaient au hasard entre les deux parcours dans cette condition lorsque la cible était visible, mais choisissaient plus souvent le parcours associé à la moindre distance lorsque la cible était cachée, même si ce parcours était associé à l'angle de déviation maximale.

Poucet, Thinus-Blanc et Chapuis (1983 b) ont repris avec des chats la même procédure expérimentale que celle utilisée avec les chiens par Chapuis et al. (1983). Les résultats

ont été identiques à ceux des chiens sauf lorsque, à distance constante, les chats devaient choisir entre le parcours associé à l'angle de déviation minimale et celui associé à l'angle de déviation maximale lorsque la cible était cachée. Dans cette condition, les chats choisissaient le parcours associé à l'angle de déviation minimale tandis que les chiens choisissaient au hasard entre les deux parcours. Ainsi, lorsque la cible est cachée, les chiens ont tendance à se baser sur la distance sujet/cible tandis que les chats ont tendance à se baser sur les angles de déviation.

Selon Poucet et al. (1983 b), les résultats de ces deux études suggèrent que les animaux utilisent deux systèmes d'orientation afin d'atteindre la cible. Lorsque la cible est visible, ils utiliseraient un système où la visibilité de la cible agit en tant qu'ancre perceptuelle interférant avec l'utilisation de la moindre distance pour atteindre la cible. Par contre, lorsque la cible est cachée, les animaux utiliseraient un système de localisation basé sur l'information encodée concernant la longueur associée aux deux parcours lors des essais antérieurs.

Si les études de Chapuis et al. (1983) et de Poucet et al. (1983 b) montrent que l'information métrique et l'information catégorielle (i.e., visibilité) interagissent dans la prise de décision, il reste que l'utilisation d'une seule cible par essai limite l'analyse du rapport entre ces deux types d'information. Il faut se reporter à l'étude de Dumas et al. (2006) pour retrouver un type d'essai où l'animal doit choisir entre une cible visible et une cible cachée à l'intérieur du même essai. Rappelons tout d'abord que, dans cette étude, l'animal réévalue, et ce pour chacune des deux cibles à laquelle il fait face et qui est visible, la distance et l'angle de déviation au point de contournement d'un panneau ayant été introduit au moment où l'animal amorce sa recherche. L'animal modifie alors la décision qu'il avait prise juste avant que le panneau ne soit introduit. Les résultats ont alors montré que lorsqu'au point de contournement les cibles sont à une distance

inégal de l'animal, le sujet choisit la cible la plus rapprochée même si elle est associée à l'angle de déviation maximale. Mais lorsqu'au point de contournement les cibles sont à une distance égale, l'animal choisit la cible associée au plus petit angle de déviation.

Ceci étant dit, dans cette étude de Dumas et al. (2006), les auteurs, afin d'étudier l'impact de la visibilité, ont aussi administré des essais dans lesquels l'une des deux cibles était cachée derrière un écran avant que ne soit introduit le panneau. Les résultats ont montré que lorsque, au point de contournement, les cibles étaient à une distance égale de l'animal et que la cible associée au plus petit angle de déviation était cachée, le sujet la choisissait moins souvent que si elle avait été visible. De plus, lorsqu'au point de contournement, les cibles étaient à une distance inégale de l'animal et que la cible la plus rapprochée était associée au plus grand angle de déviation était cachée, le sujet la choisissait moins souvent que si elle avait été visible.

Ainsi, cacher une cible avant l'introduction du panneau diminuait la probabilité qu'elle soit choisie une fois le panneau contourné. Les résultats ont par ailleurs montré que cet effet était d'autant plus fort lorsque les cibles étaient à des distances inégales du point de contournement, auquel cas la cible visible au point de contournement était associée à l'angle de déviation nul. Dumas et al. (2006) ont suggéré que le poids décisionnel de l'angle de déviation s'additionnait à celui de la visibilité, faisant en sorte que le poids décisionnel de la visibilité plus celui de l'angle de déviation était supérieur à celui de la distance.

Les études présentées jusqu'à maintenant montrent qu'à tout le moins les chats et les chiens tiennent à la fois compte de l'information métrique et de l'information catégorielle lors de la prise de décision. De plus, lorsque ces deux types d'information sont en compétition, la visibilité semble avoir un poids décisionnel plus important que

la distance et/ou l'angle de déviation. Mais, comme l'ont souligné Dorais Pagé et Dumas (2009), ces études ne permettaient pas une analyse approfondie de l'interaction entre une cible visible et une cible cachée sur la prise de décision. Dans les études de Poucet et al. (1983 b) et de Chapuis et al. (1983), il n'y a qu'une seule cible à chaque essai alors que dans l'étude de Dumas et al. (2006), l'effet observé est confondu avec l'introduction du panneau et par ailleurs un seul choix est permis à chaque essai.

Dorais Pagé et Dumas (2009) ont donc administré à des chats une TEP typique à 3 choix dans laquelle les animaux devaient sélectionner parmi une cible visible et deux cibles cachées ou l'inverse de sorte qu'il y avait toujours une cible distincte au plan perceptuel. Les cibles étaient placées en éventail face au point de départ, la cible intermédiaire étant placée devant le chien, la distance entre les cibles et le point de départ et la distance entre les cibles adjacentes étant constantes (comme dans l'étude de Dorais Pagé et Dumas, 2003).

Les résultats ont montré que lorsque la cible intermédiaire était la cible distincte, qu'elle soit visible ou cachée, les animaux implantaient systématiquement la règle de la visibilité, c'est-à-dire qu'ils choisissaient la ou les cibles visibles en premier. De plus, ils choisissaient au hasard entre les deux cibles qui étaient équivalentes au plan perceptuel, c'est-à-dire les deux cibles visibles ou les deux cibles cachées. Cependant, lorsque la cible distincte était située à droite ou à gauche, les auteurs ont observé ce qu'ils ont appelé un effet de la cible externe. Lorsque la cible distincte était placée à gauche et était visible, les chats n'implantaient pas la règle de la visibilité ; choisissant une cible visible ou une cible cachée en premier. De plus, les chats avaient tendance à choisir la cible intermédiaire cachée lorsqu'ils choisissaient une cible cachée en premier. Lorsqu'elle était à gauche mais cachée, les chats implantaient la règle de la visibilité mais ne choisissaient pas au hasard entre les deux cibles équivalentes

visibles ; choisissant la cible intermédiaire visible en premier, la cible visible droite en deuxième et la cible gauche cachée en dernier. Lorsque la cible distincte était placée à droite et était visible, les chats choisissaient au hasard entre les trois cibles. Ainsi, la règle de la visibilité n'était pas implantée. Finalement, lorsqu'elle était à droite mais cachée, les chats choisissaient l'une des deux cibles visible en premier et choisissaient ensuite l'autre cible visible ou la cible droite cachée. Autrement dit, les chats implantaient la règle de la visibilité au premier choix mais pas au deuxième choix. Pris ensemble, ces données montrent qu'il y a une contrainte au niveau de la prise de décision lorsque la cible distincte est placée à gauche ou à droite. Soit il y a un manque de flexibilité au niveau de la sélection des cibles équivalentes, soit la règle de la visibilité n'est pas implantée. De plus, cet effet de la cible externe était plus fort lorsque la cible distincte était placée à droite et était visible, la sélection des cibles étant alors aléatoire.

Dorais Pagé et Dumas (2009) ont expliqué cet effet de la cible externe par un possible conflit attentionnel entre la cible intermédiaire qui attirerait en soi l'attention du sujet et la cible distincte qui elle attirerait l'attention comme un effet « pop-out ». Selon cette hypothèse attentionnelle, il n'y a pas de conflit lorsque la cible intermédiaire est la cible distincte puisque les deux sources d'information se chevauchent. Ainsi, les chats sont en mesure de systématiquement implanter la règle de la visibilité et de choisir au hasard entre les deux cibles visibles. Toutefois, si l'une des deux cibles externes est la cible distincte, il y a un conflit attentionnel et le sujet doit partager son attention entre deux cibles, ce qui interfère avec l'implantation de la règle de la visibilité et la sélection des cibles équivalentes visibles ou cachées. Par ailleurs, les auteurs ont interprété le fait que l'effet de la cible externe différait selon qu'elle était située à gauche ou à droite comme reflétant une latéralisation hémisphérique. Ils ont suggéré que la catégorisation (visible ou caché), qui est associée à l'hémisphère gauche, était contrainte lorsque la

cible distincte était placée à droite tandis que l'attention visuelle globale, qui est associée à l'hémisphère droite, était contrainte lorsque la cible distincte était placée à gauche. Finalement, ils ont proposé que la cible distincte visible attirerait plus l'attention de l'animal que la cible distincte cachée, ce qui expliquerait le fait que le conflit était plus fort lorsque la cible distincte était visible. Cependant, les auteurs n'ont pas fourni d'explication concernant le fait que les chats choisissaient au hasard parmi les cibles lorsque la cible distincte était visible et placée à droite.

Enfin, dans cette étude de 2009, Dorais Pagé et Dumas ont aussi manipulé la distance sujet/cible. L'une des deux cibles externes était située plus près du chat que ne l'étaient les deux autres. Les résultats ont montré que lorsque la cible externe rapprochée était visible, les chats implantaient la règle de la visibilité. Mais lorsqu'elle était cachée, au tout premier choix, les chats choisissaient au hasard entre cette cible cachée et la cible intermédiaire visible. Ainsi, sous ces conditions, la règle de la moindre distance et la règle de la visibilité avaient le même poids décisionnel.

En résumé, les études de Chapuis et al. (1983) et de Poucet et al. (1983 b) ont montré que le type d'information métrique privilégié par les chats et les chiens variait en fonction de la visibilité ou de la non visibilité de la cible. De plus, lorsque la cible était visible, chats et chiens privilégiaient les angles de déviation. Lorsque la cible était cachée, les chats privilégiaient les angles de déviation tandis que les chiens privilégiaient la distance entre le point de départ et la cible. Les études subséquentes dans lesquelles l'animal devait choisir entre une cible visible et une cible cachée à l'intérieur du même essai ont permis de mettre en évidence que les chats utilisent une règle de décision simple, appelée règle de la visibilité, qui consiste à sélectionner les cibles visibles en premier. Ces études ont également montré que la visibilité semble avoir un plus grand poids décisionnel que l'angle de déviation. Par ailleurs, le poids

décisionnel de ces deux paramètres semblait s'additionner lorsqu'en compétition avec la distance entre le point de départ et la cible. De plus, dans certaines conditions, la visibilité et la distance sujet/cible avaient le même poids décisionnel. Pris ensemble, ces études montrent que le poids décisionnel pouvant être attribué à un paramètre est variable.

Enfin, notons que diverses interprétations ont été proposées afin de rendre compte de l'impact de la visibilité sur la prise de décision. En termes de causalité immédiate, l'impact de la visibilité sur la sélection du type d'information métrique serait lié à une différenciation des systèmes d'orientation (Chapuis et al., 1983 et Poucet et al. 1983 b) alors que l'effet de la cible externe serait reliée à un conflit attentionnel, lui-même pouvant être sous le contrôle d'une latéralisation hémisphérique (Dorais Pagé et Dumas, 2009). En termes de causalité ultime, la règle de visibilité pourrait être interprétée en termes d'optimisation. Comme le soulignent les auteurs, les mouvements d'une proie sont imprévisibles pour le chasseur, mais au moins ceux d'une proie visible sont perceptibles (i.e., source d'information en ligne). Dans ce sens, poursuivre une proie visible pourrait s'avérer une stratégie plus efficace pour le chasseur au lieu d'attendre pour qu'une proie cachée réapparaisse. Ceci est d'autant plus vrai, puisqu'une décision basée sur une source d'information non perceptible peut restreindre la prise de décision (Dorais Pagé et Dumas, 2006).

1.3.3 Sommaire des résultats

En résumé, les études utilisant une TEP dans laquelle les animaux doivent choisir parmi plusieurs cibles qu'elles soient visibles ou non ont montré que les animaux utilisent des règles décisionnelles simples comme la règle de la visibilité, de la divergence (i.e., déviation angulaire maximale), de la moindre déviation angulaire et de la moindre

distance sujet/cible pour résoudre la tâche. L'animal évalue et compare les différentes valeurs associées à un paramètre donné. Si aucune inégalité entre les valeurs pour un paramètre donné n'est détectée, aucune règle décisionnelle n'est activée et les animaux choisissent aléatoirement les cibles. Si une inégalité est détectée pour un paramètre donné, la règle décisionnelle correspondante est activée, ce qui détermine la cible à choisir. Lorsque deux ou plusieurs règles sont activées, elles peuvent ou non être en compétition. Dans le cas où deux règles sont activées et ne sont pas en compétition et conduisent à la même cible, on constate que les poids décisionnels de ces deux règles semblent s'additionner. Dans le cas où deux règles sont en compétition et conduisent à des cibles différentes, dépendant des circonstances, c'est la règle ayant le poids décisionnel le plus élevé qui l'emportera. Dans le cas où le poids décisionnel des deux règles en compétition est équivalent, l'animal choisit aléatoirement les cibles. Ainsi, la stratégie de recherche utilisée par les animaux est flexible. Notons toutefois que lorsque plusieurs règles sont activées, les animaux ont recours à la sélection aléatoire entre les cibles, mais aucune explication n'a été proposée à cet égard.

1.4 Objectif de la thèse

L'objectif de cette thèse est d'étudier le système décisionnel du chien domestique, c'est-à-dire un chasseur social. Il s'agit plus précisément d'examiner, à l'aide d'une TEP, l'impact de la visibilité et de la déviation angulaire lorsque ces deux paramètres interagissent dans la prise de décision. Si certaines études ont fait ressortir que le chien et le chat possèdent un système décisionnel semblable, d'autres ont montré qu'il existe des différences entre ces deux espèces, notamment en ce qui a trait au traitement de la visibilité et de la déviation angulaire. Ainsi, lorsque toutes les cibles sont visibles et que les angles de déviation varient, les chiens utilisent la règle de la déviation angulaire

maximale tandis que les chats utilisent la règle de la déviation angulaire minimale. Par ailleurs, dans une situation où l'animal doit contourner un panneau pour atteindre une cible cachée, les chiens ne tiennent pas compte de la déviation angulaire mais les chats oui, utilisant alors la règle de la déviation angulaire minimale. Il nous apparaît donc pertinent d'étudier de façon plus approfondie l'interaction entre la visibilité et la déviation angulaire dans la prise de décision.

CHAPITRE II

ARTICLE 1

Résumé

Objectifs : Une étude antérieure a montré que la visibilité influence la prise de décision des chats domestiques, des chasseurs solitaires, dans une tâche d'élimination progressive (TEP) (Dorais Pagé et Dumas, 2009). La présente étude avait comme but d'étudier l'impact de la visibilité de la cible sur les stratégies de recherche des chiens domestiques, des chasseurs sociaux, dans une TEP.

Méthodologie et Résultats : Une TEP a été administrée à trente chiens domestiques dans laquelle les sujets devaient visiter et vider trois cibles appâtées (gauche, intermédiaire, droite) à l'intérieur d'un essai expérimental. Cette étude contient trois expériences dans lesquelles il y avait toujours une cible distincte sur le plan perceptuel (une cible visible et deux cibles cachées ou vice versa) et la distance entre le point de départ et les cibles était toujours constante. La procédure utilisée était identique pour l'ensemble des expériences et tous les sujets ont reçu un entraînement avant de débiter l'expérimentation.

Dans l'expérience 1 (n=10), il y avait une cible cachée et deux cibles visibles. La cible intermédiaire était en ligne avec l'axe corporel et la distance entre les cibles adjacentes

était constante. Il est prédit que, de façon générale, les patrons d'élimination pour lesquels la ou les cible(s) visible(s) sont choisies en premier et la ou les cible(s) cachées en dernier seront choisis plus souvent que les autres patrons. Chacune des trois cibles était la cible distincte neuf fois pour un total de 27 essais expérimentaux. Les résultats ont montré que les chiens implantent systématiquement la règle de la visibilité (visiter les cibles visibles en premier et les cibles cachées en dernier) lorsque le bol intermédiaire est la cible distincte et qu'ils choisissent au hasard entre les deux cibles équivalentes sur le plan perceptuel (les deux cibles externes visibles). Cependant, lorsque l'une des deux cibles externes était la cible distincte, soit les chiens ne choisissaient plus au hasard entre les deux cibles équivalentes, soit les chiens n'implantaient pas la règle de la visibilité. L'expérience 2 (n=10) était identique à l'expérience 1, sauf qu'il y avait une cible visible et deux cibles cachées. Le but était de vérifier si les comportements de recherche des chiens sont reliés à la visibilité en soi de la cible (visible ou cachée) ou au fait qu'elle est distincte sur le plan perceptuel. Les résultats obtenus sont similaires à ceux de l'expérience 1, ce qui suggère que les comportements de recherche des chiens sont reliés au fait qu'il y a une cible distincte sur le plan perceptuel plutôt qu'à la visibilité en soi de la cible. Dans l'expérience 3 (n=10), la cible intermédiaire était placée près de l'une des deux cibles externes tandis que l'autre cible externe (cible externe éloignée) était la cible distincte au plan perceptuel. La cible externe éloignée était visible 18 fois et cachée 18 fois pour un total de 36 essais expérimentaux. L'emplacement de la cible externe éloignée (gauche ou droit) était contrebalancé. Les résultats ont montré que l'effet du bol externe observé dans les expériences 1 et 2 est également présent lorsque la cible intermédiaire est dissociée de l'axe corporel.

Conclusion : Dans l'ensemble, ces résultats suggèrent que les chiens implantent la règle de la visibilité lorsqu'ils doivent choisir entre des cibles visibles et cachées dans

une TEP. De plus, les comportements de recherche observés chez les chiens sont similaires à ceux observés chez les chats (voir Dorais Pagé et Dumas, 2009), ce qui suggère que les mécanismes qui sous-tendent la prise de décision impliquant la visibilité des cibles chez les chasseurs solitaire et sociaux sont similaires. L'effet du bol externe est, en bonne partie, expliqué par de l'attention partagée entre la cible intermédiaire et la cible distincte.

Running head: DECISION MAKING AND VISIBILITY IN DOGS

Decision-making and Visibility in Dogs (*Canis familiaris*) in a Progressive
Elimination Task I

Jacinthe LeBlanc and Claude Dumas

Université du Québec à Montréal

Decision Making and Visibility in Dogs

ABSTRACT

Domestic dogs (*Canis familiaris*) were administered a progressive elimination task (PET) in which they had to visit and deplete three targets (i.e., left, intermediate, right) within the same trial. There was always one distinct target as there were either one visible and two hidden targets or the opposite; the distance between the targets and the starting point being always constant. The results revealed that the dogs systematically searched at the visible target(s) first and at the hidden target(s) last, which was referred to as the visibility rule, but only when the distinct target was located between the left and the right target; that was true whether the distinct target was hidden (Exp. 1) or visible (Exp. 2). In addition the dogs randomly selected between the two equivalent (e.g., two visible or two hidden) targets. However, when the distinct target was on either the right or the left location, the results revealed that the dogs did no longer systematically implement the visibility rule, which was referred to as the external bowl effect, and no longer randomly selected between equivalent targets. Whereas in Exp. 1 and 2 the distance between adjacent targets was constant in Exp. 3 the intermediate target was located closer to the external target (i.e., either left or right) that matched its visibility than to the other external target. The results revealed that the dogs still had difficulty implementing the visibility rule. The results are discussed in terms of divided attention between the perceptually distinct target and the intermediate target. The issue of interspecies comparisons between cats and dogs is also addressed.

DECISION-MAKING AND VISIBILITY IN DOGS (*CANIS FAMILIARIS*)
IN A PROGRESSIVE ELIMINATION TASK I

Decision-making abilities are critical for animals since most of their daily activities require them to make choices (i.e., food sites, habitat selection, mate selection, etc.). Once animals have gathered and interpreted the critical information, choice is expressed through a sequence of specific behaviours. Most of these decisions are linked to animals' survival, hence it appears relevant to examine information processing skills underlying decision making both at the proximate level and the ultimate level across species (see Dukas, 1998; Shettleworth, 2001).

In recent years, there has been a renewed interest in the use of the progressive elimination task (PET) as a way to examine animal decision-making (see De Lillo, Visalberghi, & Aversano, 1997; De Lillo, Aversano, Tuci & Visalberghi, 1998; Dorais Pagé & Dumas, 2003, 2009; Dumas & Dorais Pagé, 2006; Valsecchi, Bartolomucci, Aversano, & Visalberghi, 2000). In this task, animals are usually trained to empty a single baited site. Then animals are introduced to the multi site set-up in which they are let free to visit the sites in any order until all sites have been emptied. According to Valsecchi et al. (2000), the PET being an open-field task should allow animals to spontaneously exhibit search strategies and, as such, it could be of heuristic value in the investigation of interspecies comparisons. For example, capuchin monkeys (De

Decision Making and Visibility in Dogs

Lillo et al., 1997) and mice (Valsecchi et al., 2000) were administered a PET in which the sites were arranged in clusters and in a matrix. The data revealed that the capuchin monkeys performed better with the cluster set-up whereas mice did better with the matrix set-up.

To account for such differences Valsecchi et al. (2000) referred to the fact that capuchin monkeys are frugivorous exploiting predictable food resources whereas mice are granivorous exploiting scattered food resources. However, as underlined by Valsecchi et al. (2000; see also Dumas & Dorais Pagé, 2006), these results might simply reflect procedural differences. While capuchin monkeys had to walk on a perch in order to reach the sites suspended from the ceiling, mice were required to walk on the floor. Under such circumstances, predatory risk is higher for mice than for monkeys. Therefore, in order to establish reliable interspecies comparisons, animals must be administered tasks using not only the same spatial arrays but also the same procedure (see also Fletcher, 1965).

Indeed, cats (i.e., solitary hunters; Dorais Pagé & Dumas, 2003) and dogs (i.e., social hunters; Dumas & Dorais Pagé, 2006) have been administered 3-choice PETs with the same procedure and the same spatial arrays. The data revealed that, when the three targets were equidistant from the starting point and the distance between adjacent targets was constant, both cats (Dorais Pagé & Dumas, 2003) and dogs (Dumas & Dorais Pagé, 2006) selected the targets on a random basis. When the distance between each target and the starting point varied, both species selected the closest target first and so on (i.e., they relied on least distance rule; see also Menzel, 1973). Such data led

Decision Making and Visibility in Dogs

Dumas and Dorais Pagé (2006) to conclude that both species share the same basic decision-making system. However, the results also revealed that, when the distance between adjacent targets varied (the distance with the starting point being constant), cats selected first the two adjacent targets separated by the shortest distance (i.e., least angular deviation) whereas dogs selected first the two non adjacent targets (i.e., right and left in a 3-choice PET) separated by the largest distance (i.e., divergence or largest angular deviation). This interspecies difference was interpreted in terms of Gibson's hypothesis (1990) stating that cooperative hunting requires higher information processing capacities than solitary hunting since cooperative hunters must not only anticipate the movements of the prey, but also those of the conspecifics involved in the hunt.

While distance is certainly an important source of information for both species, one might expect the visibility of the target to be also relevant since both cats and dogs have reached Stage V of object permanence (see Collier-Baker, Davis & Suddendorf, 2004; Dumas & Doré, 1989; Fiset & LeBlanc, 2007). That is, both species can recover an object that has disappeared leaving no perceptual bearing to rely on. Few studies investigated the impact of the visibility of the target in a search task.

Poucet, Thinus-Blanc and Chapuis (1983) and Chapuis, Thinus-Blanc and Poucet (1983) administered respectively to cats and dogs a task in which the animals had to reach a target located behind a transparent or an opaque screen. Prior to testing, animals had to walk along the two possible paths (i.e., either through the left or the right) that were equivalent in length and angular deviation in order to reach the target that was

Decision Making and Visibility in Dogs

located behind a transparent panel. So, animals had already acquired information about both paths when they were administered the experimental trials in which the two paths differed in angular deviation or in length or in both. When both parameters were correlated (e.g., least distance and least angular deviation for the same path), both species chose the path associated with the least distance and the least angular deviation whether the target was visible or not. When the parameters were in conflict (e.g., least distance but larger angular deviation for one path and longer distance but least angular deviation for the other path), both species relied on the least distance when the target could not be seen but relied as much on the least distance as the least angular deviation when the target was visible. These data suggested that search behaviour was less flexible when the target was hidden but there were no interspecies differences. When angular deviation and distance were manipulated separately, cats always chose on the basis of the least value of the relevant parameter whether the target was visible or not. However, dogs randomly chose between the two paths of different length when the target was visible but relied on the least distance when it was not visible. In addition, they randomly chose between the two paths of different angular deviation when the target was hidden but they relied on least angular deviation when the target was visible. In short, these data suggest that dog's search behaviour was more flexible than that of the cat both when the target was visible and hidden. However in these studies, animals never had to pay attention to many targets within the same trial, only one target was present on each trial.

More recently, Dorais Pagé and Dumas (2009) administered to cats a 3-choice PET in which they had to choose among either one hidden and two visible targets or among

Decision Making and Visibility in Dogs

one visible and two hidden targets (both the distance from the starting point and the distance between adjacent targets being constant); that is, a task in which cats had to pay attention to three targets within the same trial. The results revealed that, when the intermediate target was the perceptually distinct target (i.e., being visible while the two other targets were hidden or vice versa), the cats emptied the visible target(s) first and the hidden target(s) last, which was referred to as the visibility rule. They also randomly selected between the two equivalent targets, whether they were visible or hidden. However, when the left target was the perceptually distinct target, the random selection between the targets and, to some extent, the visibility rule, were constrained. When the right target was the perceptually distinct target, the implementation of the visibility rule was impeded. Dorais Pagé and Dumas (2009) interpreted this external bowl effect (whether the distinct target was on the left or the right location) in terms of divided attention between a perceptually distinct target and the intermediate target. According to this interpretation, the distinct target attracts attention much like a pop-out effect and the intermediate target per se also attracts attention. When the intermediate target is the perceptually distinct target there is no conflict because both sources of attention overlap. When the distinct target is either on the right or the left location, there should be a conflict because the animal has to divide its attention between two stimuli (i.e., distinct vs. intermediate). Finally, they interpreted in terms of brain lateralization (see General Discussion) the fact that the external bowl effect differed depending on the location (left vs right) of the distinct target.

Decision Making and Visibility in Dogs

The goal of the present study was to examine the impact of the visibility of the target in a social hunter species. Accordingly, dogs were administered a PET in which they had to choose among visible and hidden targets within the same trial.

Decision Making and Visibility in Dogs

EXPERIMENT 1

In Experiment 1, the dogs were administered a 3-choice progressive elimination task in which they had to choose between one hidden target and two visible targets. The same spatial array and the same procedure than those in Dorais Pagé and Dumas (2009)'s study in cats were used.

METHOD

Subjects

The subjects were 10 (5 males and 5 females) domestic dogs (*Canis familiaris*), which were tested in their owners' home. One dog had participated in a previous study while the remaining 9 dogs were experimentally naive. The youngest subject was one year old and the oldest subject was 8 years old ($M = 3$ years 10 months, $SD = 3$ years and 2 months). Two additional dogs were eliminated due to a lack of motivation during the training phase.

Apparatus

Three identical plastic bowls (5.7 cm in height x 10.5 cm in diameter) were used as well as a U-shaped opaque hiding screen made of wood (19 × 15 × 30 cm), two transparent control screens made of Plexiglas (same dimensions as the opaque hiding screen) and a large opaque panel (95 cm × 82 cm). Also, pellets of dry commercial dog food were used.

Procedure

The experimental procedure was divided in two phases: training and testing. The owners were allowed to watch both training and experimental trials. In order to prevent cueing, the owners were instructed to remain behind the experimenters and the dog and to withhold from interacting (e.g., talking to the dog, gesturing towards the bowl, etc.) with the dog during the trials. Food was not available for at least 2 hours before training and testing sessions; water was available ad libitum.

Training

First, an experimenter (E1) gently restrained the animal by its collar at the starting point. While holding the dog's collar with one hand, E1 placed the large opaque panel in front of the dog. This procedure allowed the second experimenter (E2) to set up the

Decision Making and Visibility in Dogs

experimental apparatus (e.g., place the baited bowl on the predetermined position, rebait the bowl if necessary, etc.) for the next trial without being viewed by the dog. Once all intertrial manipulations were completed E2 came back behind E1 who then removed the panel and let the dogs visit the bowl. This intertrial procedure was used throughout all training and experimental trials in the three experiments reported in the present study. There were 24 training trials and a single bowl containing a food pellet was used on each trial. On the first trial, the bowl was placed a few centimetres in front of the starting point. On the next 3 trials, the distance between the starting point and the target bowl was progressively increased up to 2.75 m. For the remaining 20 trials, the position of the bowl was randomly chosen among 20 predetermined positions in a (1.5 m × 1.5 m) area located 1 m in front of the starting point. None of these positions corresponded to any of the three target positions used in the experimental sessions. On half of these 20 trials, the opaque hiding screen was placed just behind the bowl and on the other half of the trials a transparent control screen was placed just behind the bowl in order to familiarize the dog with the presence of the screen. In addition, on 2 of the 10 trials with the opaque hiding screen and on 2 of the 10 trials with the transparent control screen, once the intertrial manipulations were completed, E2 stood behind the bowl instead of coming back behind E1. E2 then signalled to E1 to remove the opaque panel but without letting the dog initiate search behaviour. While the dog was still held by E1, E2 captured the dog's attention by calling out its name. While the dog was attentive, E2 moved the bowl behind either the opaque hiding screen or the transparent control screen before returning behind E1. The dog was then released and allowed to visit the bowl behind the screen. The order of presentation for these last 20 trials was randomly determined for each subject. To succeed on any training trial, the

Decision Making and Visibility in Dogs

dog had to walk from the starting point to the bowl and eat the food pellet within 30s, otherwise the trial was failed. Whether the dog succeeded or failed on any trial, E1 brought it back to the starting point, held its collar and placed the large opaque panel in front of it so that E2 could complete the intertrial manipulations. The side (left or right) from which E2 came back behind the starting point and the side (left or right) from which E1 held the dog were counterbalanced across trials for each subject. On each trial, once being back behind E1 at the starting point, E2 noted whether or not the dog had succeeded. Training was completed when the dogs could empty the bowl on 20 out of the 24 trials in a single session. On average the dogs needed 1.9 training session ($SD = .32$, range = 1-2) to satisfy this criterion. There was one training session per day.

Experimental trials

The experimental trials were administered on the session following the end of training. The dog was first administered 2 warm-up trials similar to the first 4 training trials (e.g., no opaque hiding or transparent control screen and only one bowl). Then the dog was administered the experimental trials. As outlined earlier, the large opaque panel was always placed in front of the dog between trials. For each experimental trial, the 3 bowls were arrayed in a semi circle and the screens (one opaque hiding and two transparent) were placed behind the bowls. The distance between the bowls and the starting point and the distance from bowl to bowl were constant (see Figure 1). Each bowl contained a single food pellet. Once the intertrial manipulations were completed,

Decision Making and Visibility in Dogs

E2 stood behind the bowls and the screens and signalled E1 to remove the panel. Then, E2 captured the dog's attention by calling out its name. While the dog was attentive, E2 moved each bowl successively behind its respective screen so that one bowl was hidden while the other bowls were still visible behind the transparent control screens. The order (1st, 2nd, 3rd) in which the bowl to be hidden was manipulated (i.e., moved behind the opaque hiding screen) was counterbalanced across the trials for each subject. Afterwards, E2 returned to the starting point and stood behind E1. The dog was then released and allowed to visit one bowl. If the dog chose a baited bowl, it was allowed to eat the food pellet before being brought back to the starting point where it was released again. If the dog chose an already visited bowl, it was immediately brought back to the starting point by E1 where it was released again. A trial was completed when all bowls had been emptied. On each trial E2 noted the order in which each bowl was visited and whether it was a first visit or a revisit (i.e., an error). A choice was defined as any behaviour or head movement allowing visual access to the content of the bowl (i.e., bending the head in the bowl, leaning towards the inner part of the bowl, etc.). The opaque hiding screen was placed 9 times at each of the 3 positions (left, intermediate, right) so that each subject was administered 27 experimental trials whose order of presentation was randomly determined for each dog. If the dog did not collaborate 5 times in a row or ran away in another room the session was ended. On average, the dogs needed 1.1 sessions ($SD = .32$, range = 1-2) to complete all 27 trials.

Insert figure 1 around here

Results

The order in which each subject emptied the three bowls was registered on each trial. This was referred to as the pattern of elimination. For example, the pattern LIR means that the subject first emptied the left bowl, then the intermediate bowl and finally the right bowl. Seeing as how each trial contained three bowls, there were six possible patterns of elimination.

A preliminary 3 (Order in which the hidden bowl was manipulated) x 6 (Pattern of elimination) ANOVA with order of manipulation and pattern of elimination as within-subject factors, computed on the number of times each pattern was chosen, failed to reach significance. Therefore, the data were pooled for the order of manipulation for further analysis.

A 3 (Position of the hidden bowl) x 6 (Pattern of elimination) ANOVA with position of the hidden bowl and pattern of elimination as within-subject factors, computed on the number of times each pattern was chosen, revealed a significant Position of the hidden bowl x Pattern of elimination interaction, $F(10, 90) = 8.05$, $p < .001$, $MSE = 1.65$. When the intermediate bowl was hidden, a one-way ANOVA with pattern of elimination as a within-subject factor revealed a significant Pattern effect, $F(5, 45) = 6.05$, $p < 0.001$, $MSE = 2.62$. Post hoc comparisons (Newman-Keuls, $p < .05$) revealed that the patterns LRI and RLI were chosen more often than the remaining patterns (see Table 1). The dogs first emptied the visible bowls on a random basis and then emptied

Decision Making and Visibility in Dogs

the hidden bowl. A similar analysis for when the left bowl was hidden revealed a significant Pattern effect, $F(5, 45) = 4.50, p < .05, MSE = 1.82$. Post hoc comparisons (N-K, $p < .05$) revealed that the patterns ILR and IRL were chosen as often as pattern RIL but more often than patterns LIR, LRI and RLI (see Table 1). The dogs emptied a visible bowl on the very first visit, usually the intermediate bowl, and, on the second correct visit, they emptied either the visible right bowl or the hidden left bowl. Finally, when the right bowl was hidden, the ANOVA revealed a significant Pattern effect, $F(5,45) = 4.08, p < .05 MSE = 2.49$. Post hoc comparisons (N-K, $p < .05$) revealed that the patterns IRL and ILR were chosen as often as patterns LRI and LIR but more often than patterns RIL and RLI (see Table 1). The dogs first emptied a visible bowl, either the left or intermediate bowl, but on the second correct visit they emptied the other visible bowl or the hidden right bowl.

Insert Table 1 around here

Errors were also analyzed. The mean number of errors on the first 6 trials ($M = 7.80, SD = 4.83$) was compared to that on the last 6 trials ($M = 5.50, SD = 2.95$). There was no significant difference $t(9) = 1.16 p = 0.28$.

Lastly, a 3 (Position of the bowl) x 2 (Visibility: visible vs hidden) x 2 (Moment: after the 1st correct choice vs after the 2nd correct choice) ANOVA with position of the

Decision Making and Visibility in Dogs

bowl, visibility and moment as within-subject factors, computed on the number of errors, revealed a significant Visibility effect, $F(1, 9) = 52.78$, $p < .001$, $MSE = 8.35$ and a significant Moment effect, $F(1, 9) = 116.30$, $p < .001$, $MSE = 3.04$. The dogs made more errors at the visible bowls than at the hidden bowl and they erred more often after the second correct choice than after the first correct choice. While many two-way interactions reached significance, they were of little interest since the Position of the bowl x Visibility x Moment interaction, $F(2, 18) = 11.49$, $p < .05$, $MSE = 2.01$, reached significance. The analysis of the Position of the bowl x Visibility x Moment interaction revealed that the dogs made more errors at the visible intermediate bowl than at the visible external bowl after the first correct choice, but that they made more errors at the visible right bowl than at the visible intermediate bowl after the second correct choice.

Discussion

The goal of Experiment 1 was to examine the effect of the visibility of the target on the dogs' search behaviour in a 3-choice PET. The results revealed that, when the hidden distinct target was on the intermediate location, the dogs emptied the visible bowls first and the hidden bowl last, thus readily implementing the visibility rule. They also randomly selected between the two equivalent visible bowls. When the distinct target was on an external location (i.e., right or left), the dogs implemented the visibility rule on the first choice but they did not randomly select between the equivalent visible targets, visiting the intermediate target first most of the time. On the second correct

Decision Making and Visibility in Dogs

(i.e., baited target) choice the dogs did not implement the visibility rule. Furthermore, this effect seemed stronger when the hidden target was on the right location than when it was on the left location.

As already mentioned, Dorais Pagé and Dumas (2009) observed the external bowl effect in cats. They suggested that the external bowl effect could have been linked to the fact that the external bowl was hidden per se (i.e., visibility hypothesis) or to the fact that the bowl was perceptually distinct (i.e., hidden while the remaining bowls are visible). In order to contrast both hypotheses, they administered to cats a 3-choice PET in which they had to choose between one visible target and two hidden targets (see Experiment 3, Dorais Pagé & Dumas, 2009). The visibility hypothesis predicted that there should be no external bowl effect when the distinct external target was visible; the perceptually distinct hypothesis predicted the opposite. The data supported the perceptually distinct hypothesis. This suggests that the cats took into account the visibility of all three targets and not only the visibility (i.e., being hidden) of the distinct external target. It now remains to be seen whether dogs also take into account the visibility of all three targets or only the visibility (i.e., being hidden or being visible) of the distinct external target.

Decision Making and Visibility in Dogs

EXPERIMENT 2

Experiment 2 was designed to contrast the visibility hypothesis and the perceptually distinct hypothesis. Accordingly, the dogs were administered a 3-choice PET in which they had to empty one visible and two hidden targets.

METHOD

Subjects & Procedure

The subjects were 10 (4 males and 6 females) domestic dogs (*Canis familiaris*), which were tested in their owners' home. One dog had participated in Experiment 1 two months before participating in Experiment 2, while the remaining nine dogs were experimentally naive. The youngest subject was one year old and the oldest subject was 8 years old ($M = 4$ years and 3 months, $SD = 2$ years and 6 months). The dogs were trained and tested following the same procedure (and criterion) as in Experiment 1, except that on experimental trials there were one visible and two hidden targets (see Figure 2). The order of manipulation (1st, 2nd or 3rd) of the bowl that was to be placed

Decision Making and Visibility in Dogs

behind the transparent control screen was counterbalanced across trials for each subject. On average, the dogs needed 2 training sessions ($SD = .47$, range = 1-2) to satisfy the training criterion and 1.40 experimental sessions ($SD = .70$, range = 1-2) to complete the experimental trials.

Insert figure 2 around here

Results

A preliminary 3 (Order in which the visible bowl was manipulated) x 6 (Pattern of elimination) ANOVA with order of manipulation and pattern of elimination as within-subject factors, computed on the number of times each pattern was chosen, did not reveal any significant effect. Accordingly, the data for the order in which the visible bowl was manipulated were pooled for further analyses.

A 3 (Position of the visible bowl) x 6 (Pattern of elimination) ANOVA with position of the visible bowl and pattern of elimination as within-subject factors, computed on the number of times each pattern was chosen, revealed a significant Position of the bowl x Pattern of elimination interaction, $F(10, 90) = 10.27$, $p < 0.001$, $MSE = 2.10$. When the intermediate bowl was visible, a one-way ANOVA with pattern of elimination as a within-subject factor revealed a significant Pattern effect, $F(5, 45) =$

Decision Making and Visibility in Dogs

17.20, $p < .001$, $MSE = 1.35$. Post hoc comparisons (N-K, $p < .05$) revealed that the patterns IRL and ILR were chosen more often than the remaining patterns (see Table 2). The dogs first emptied the visible intermediate bowl and then they randomly selected between the two hidden bowls. A similar analysis for when the left bowl was visible revealed a significant Pattern effect, $F(5, 45) = 6.00$, $p < .001$, $MSE = 3.03$. Post-hoc comparisons (N-K, $p < .05$) revealed that the patterns LRI and LIR were chosen more often than the patterns RIL, IRL and ILR. Also, pattern LRI was chosen more often than pattern RLI (see Table 2). The dogs first emptied the visible left bowl and then the remaining hidden bowls. Finally, a similar analysis for when the right bowl was visible revealed a significant Pattern effect, $F(5, 45) = 3.12$, $p < .05$, $MSE = 2.66$. Post hoc comparisons (N-K, $p < .05$) revealed that the pattern RLI was chosen more often than only patterns LIR and ILR (see Table 2). Therefore, on the first visit the dogs first emptied either the visible right bowl or a hidden bowl.

Insert Table 2 around here

Errors were also analyzed. The mean number of errors for the first 6 trials ($M = 10.10$, $SD = 6.57$) was compared to that of the last 6 trials ($M = 5.60$, $SD = 3.34$). There was no significant difference, $t(9) = 1.84$, $p = .10$.

Decision Making and Visibility in Dogs

Lastly, a 3 (Position of the bowl) x 2 (Visibility) x 2 (Moment) ANOVA with position of the bowl, visibility and moment as within-subject factors, computed on the number of errors, revealed a significant Visibility effect, $F(1, 9) = 26.42$, $p < .05$, $MSE = 2.02$, and a significant Moment effect, $F(1, 9) = 43.13$, $p < .001$, $MSE = 9.35$. The results revealed that dogs erred more often at the visible bowl and made more errors after the second correct choice.

Discussion

Experiment 2 was designed to contrast the visibility hypothesis and the perceptually distinct hypothesis regarding the external bowl effect observed in Experiment 1. The visibility hypothesis predicts that there should be no external bowl effect when the distinct target is visible, whereas the perceptually distinct hypothesis predicts the opposite. The results revealed that the external bowl effect did occur when the external target was visible, which supports the perceptually distinct hypothesis. These findings suggest that the dogs made decisions on the basis of the visibility of the external target in relation to the visibility of the remaining targets as had been observed in cats in Dorais Pagé and Dumas' study (2009).

As what was observed in Experiment 1, the effect seemed to be stronger when the distinct target was on the right location than when it was on the left location. Dorais Pagé and Dumas (2009, Experiment 1) also reported that the effect was stronger when the distinct target was located on the right.

EXPERIMENT 3

As already underlined, Dorais Pagé and Dumas (2009) interpreted the external bowl effect in terms of divided attention between a perceptually distinct target and the intermediate target. When the intermediate bowl is the distinct target there is no conflict because both sources of attention overlap. In contrast, when one of the two external bowls is the perceptually distinct target, animals have to divide attention, which creates difficulty in the implementation of the visibility rule or the selection between equivalent targets. While Dorais Pagé and Dumas (2009) suggested that the perceptually distinct target attracts attention much like a pop-out effect (see Rovee-Collier, Hankins & Bhatt, 1992), no proximate mechanism was proposed as to how the intermediate target could attract attention.

One could argue that the intermediate target attracts attention because it is in line with the body axis of the animal (i.e., absolute position hypothesis). Accordingly, having the intermediate target still between the two external targets but no longer in line with the body axis of the animal should decrease the attentional conflict and facilitate the implementation of the visibility rule. Another possibility states that the intermediate target attracts attention because of its relative position to the external targets (i.e., relative position hypothesis). If so, having the intermediate target no longer in line with the body axis (but still being between the right and the left bowl) of the dog should

Decision Making and Visibility in Dogs

have no impact on the attentional conflict, which means that the implementation of the visibility rule will still be impeded.

The goal of Experiment 3 was to contrast the absolute position hypothesis and the relative position hypothesis. In Experiment 3 the intermediate target was placed close to the external target that matched its visibility, which was referred to as the close external target. The perceptually distinct target was either on the left or the right location and was referred to as the far external target.

METHOD

Subjects & Procedure

The subjects were 10 (7 males and 3 females) domestic dogs (*Canis familiaris*), which were tested in their owners' home. Three dogs had participated in a previous study while the remaining seven dogs were experimentally naive. The youngest subject was 1 year old and the oldest subject was 10 years old ($M = 5$ years and 3 months, $SD = 3$ years and 1 month). An additional 5 dogs were eliminated due to a lack of motivation during the training session. The dogs were trained following the same procedure (and criterion) as in the previous experiments. The dogs were administered 36 trials in which

Decision Making and Visibility in Dogs

the intermediate bowl was no longer in line with the body axis of the dog but placed close to that one of the two external bowls (i.e., close external bowl) that matched its visibility. The other external bowl (i.e., far external target) was the perceptually distinct target. On 18 trials, the far external bowl was visible and, on the remaining 18 trials, it was hidden. On half the trials, the far external distinct bowl was on the left and on the remaining half of the trials it was on the right. The three bowls were always equidistant from the starting point (see Figure 3). The order of presentation of the trials was randomly determined for each subject. The general procedure used for the administration of the experimental trials was the same as those used in the previous experiments. The order (1st, 2nd or 3rd) in which the distinct external target was moved behind its screen was counterbalanced across subjects. On average, the dogs needed 1.7 ($SD = .48$, range = 1-2) training sessions to satisfy this criterion and 2.3 ($SD = 1.01$, range = 1-4) sessions to complete the experimental trials.

Insert figure 3 around here

Results

A preliminary 2 (Visibility of the far external bowl: visible vs hidden) x 3 (Order in which the far external bowl was manipulated) x 6 (Pattern of elimination) ANOVA with visibility of the far external bowl, order of manipulation and pattern of elimination

Decision Making and Visibility in Dogs

as within-subject factors, computed on the number of times each pattern was chosen, revealed a significant Pattern of elimination effect, $F(5, 45) = 5.31, p < .05, MSE = 1.79$, and a significant Visibility x Pattern of elimination interaction, $F(5, 45) = 5.99, p < .001, MSE = .84$. Since the Order of the manipulation x Pattern of elimination interaction failed to reach significance, the data for this factor were pooled for further analyses.

A 2 (Visibility of the far external bowl: visible vs hidden) x 2 (Position of the far external bowl: left vs right) x 6 (Pattern of elimination) ANOVA with visibility, position of the external bowl and pattern of elimination as within-subject factors, computed on the number of times each pattern was chosen, revealed a significant Pattern of elimination effect, $F(5, 45) = 5.31, p < .05, MSE = 2.68$. The Pattern of elimination effect revealed that the patterns ILR and IRL were chosen more often than patterns LIR, RIL and RLI.

The results also revealed two-way interactions, but these were of little interest since the Visibility of the far external target x Position of the far external target x Pattern of elimination interaction reached significance, $F(5, 45) = 2.49, p < .05, MSE = 2.72$. When the far external bowl was visible and on the left, a one-way ANOVA with Pattern of elimination as within-subject factor, computed on the number of times each pattern was chosen, did not reveal any significant difference. Therefore, all patterns of elimination were equiprobable. A similar analysis for when the far external bowl was visible and on the right revealed a significant Pattern effect, $F(5, 45) = 4.32, p < .05, MSE = 1.43$. Post hoc comparisons (N-K, $p < .05$) revealed that the pattern RLI was

Decision Making and Visibility in Dogs

chosen as often as patterns IRL and LRI, that is the dogs chose either a visible or a hidden bowl on the first correct choice and on the second correct choice (see Table 3). A similar analysis for when the far external bowl was hidden and on the left revealed a significant Pattern effect, $F(5, 45) = 8.76, p < .001, MSE = 1.52$. Post hoc comparisons (N.-K., $p < .05$) revealed that patterns ILR and IRL were chosen more often than the remaining patterns. That is on the very first visit the dogs chose the visible intermediate target but on the second correct choice they chose either a visible or a hidden target. Finally, when the far external bowl was hidden and on the right the ANOVA revealed a significant Pattern of elimination effect, $F(5, 45) = 2.56, p < .05, MSE = 2.72$. Post hoc comparisons (N.-K., $p < .05$) revealed that pattern ILR was chosen more often than patterns RIL and RLI. The dogs appeared to choose either the intermediate visible target or the left visible target on the first correct choice but on the second correct choice they chose either a visible or a hidden target.

Insert Table 3 around here

Errors were also analyzed. The mean number of errors on the first block of six trials ($M = 7.60, SD = 3.60$) was compared to that on the last block of six trials ($M = 3.70, SD = 2.75$). There were fewer errors in the last 6 trials than in the first 6 trials, $t(9) = 2.71, p = .02$.

Decision Making and Visibility in Dogs

A 2 (Position of the far external bowl: left or right) x 2 (Visibility of the far external bowl: visible vs hidden) x 3 (Bowls: left, intermediate, right) ANOVA with position of the far external bowl, visibility of the far external bowl and bowls as within-subject factors, computed on the number of errors, revealed a significant Visibility of the far external bowl x Bowl interaction, $F(2, 18) = 18.74, p < .001, MSE = 2.98$. When the far external bowl was visible, a one-way ANOVA with bowl as a within-subject factor revealed a significant Bowl effect, $F(2, 18) = 6.93, p < .05, MSE = 9.60$. Post-hoc comparisons (N-K, $p < .05$) revealed that the intermediate bowl attracted less errors than the external bowls. A similar analysis for when the far external target was hidden revealed a significant Bowl effect, $F(2, 18) = 10.20, p < .005, MSE = 4.37$. Post-hoc comparisons (N-K, $p < .05$) revealed that the intermediate bowl attracted more errors than the external bowls. Lastly, a 2 (Visibility of the far external target: visible vs hidden) x 2 (Moment: after the 1st correct choice vs after the 2nd correct choice) x 3 (Bowls: left, intermediate, right) ANOVA with visibility of the far external target, moment and bowls as within-subject factors, computed on the number of errors revealed a significant Moment effect, $F(1, 9) = 56.66, p < .001, MSE = 6.45$. The dogs made more errors after the second correct choice than after the first correct choice. While some two-way interactions reached significance, they were of little interest given the significant Visibility x Moment x Bowl interaction, $F(2, 18) = 11.13, p < .05, MSE = 1.81$. When the far external target was visible, a one-way ANOVA with moment as a within-subject factor, computed on the number of errors, did not reveal any significant differences after the first correct choice. In other words, errors made after the first correct choice were distributed equally among all three bowls. However, a similar analysis revealed a significant effect after the second correct choice, $F(2, 18) =$

Decision Making and Visibility in Dogs

9.90, $p < .05$, $MSE = 8.82$. Post hoc comparisons (N-K, $p < .05$) revealed that the dogs made significantly less errors at the intermediate bowl than at the external bowls after the second correct choice. A similar analysis for when the far external target was hidden revealed a significant effect after the first correct choice, $F(2, 18) = 18.04$, $p < .001$, $MSE = .94$. Post hoc comparisons (N-K, $p < .05$) revealed that the dogs made more errors at the intermediate bowl than at the external bowls after the first correct choice. Finally, a similar analysis revealed no significant differences after the second correct choice. In other words, errors made after the second correct choice were distributed equally among all three bowls.

Discussion

The goal of Experiment 3 was to contrast the absolute position hypothesis and the relative position hypothesis. According to the absolute position hypothesis, removing the intermediate target from its absolute position should decrease the attentional conflict between the intermediate target and the perceptually distinct target. In contrast, the relative position hypothesis predicts that the intermediate target will continue to attract attention so the dogs should have difficulty implementing the visibility rule. Overall, the data supported the relative position hypothesis.

Dumas and Dorais Pagé's attentional hypothesis states that animals divide their attention between the distinct target and the intermediate target thus impeding the implementation of the visibility rule or the random selection between equivalent targets

Decision Making and Visibility in Dogs

(i.e., external bowl effect). Accordingly, one can argue that the external bowl effect observed in Experiment 3 was due to the fact that the intermediate target attracts attention, whatever its position (i.e., in line with the body axis or not). The attentional hypothesis can certainly account for these findings.

When the intermediate target is no longer in line with the body axis of the animal, angular deviation between the adjacent targets is unequal. Thus, one may argue that the external bowl effect was induced by these unequal angular deviations. But if that were the case, the dogs would have relied on divergence (i.e., select first the two non adjacent targets separated by the largest distance) in Experiment 3 as was observed in Dumas and Dorais Pagé (2006). But the dogs did not exhibit divergence. Therefore, it is unlikely that the external bowl effect observed in Experiment 3 was linked to the unequal angular deviations.

General Discussion

The goal of the present study was to examine the effect of the visibility of the target in a 3-choice PET in dogs (i.e., social hunters). The results revealed that the dogs implemented the visibility rule (i.e., chose the visible target(s) first) when the intermediate bowl was the perceptually distinct target whether it was visible or hidden. They also selected on a random basis between the equivalent targets. However, when the distinct target was on the external left location, on the very first choice, random selection between the equivalent targets was constrained whereas on the second correct choice, the implementation of the visibility rule was constrained. When the distinct

Decision Making and Visibility in Dogs

target was on the external right location, the implementation of the visibility rule was impeded, especially when the distinct target was visible. Finally, the external bowl effect (whether it was the variant associated with the distinct left target or the distinct right target) was observed even when the distinct intermediate target was not in line with the body axis of the dogs.

One of the findings of this study was that the dogs, like cats (Dorais Pagé & Dumas, 2009), systematically implemented the visibility rule when the distinct target was on the intermediate location. The fact that animals select the visible target first has previously been interpreted by Dorais Pagé and Dumas (2009) in terms of optimization. They suggested that selecting the visible target first could provide many advantages to predators during foraging activities. As highlighted by Dorais Pagé and Dumas (2009), a predator cannot predict the movements of the prey even when it is visible. However, the movements of a visible prey are at least available online. They concluded that it would therefore be a more efficient strategy for animals to go after a visible prey than it would be to wait for a hidden one. Dorais Pagé and Dumas (2009) also underlined that opting for a visible target is more efficient since relying on a representation of a hidden object increases cognitive load, which constrains decision-making (see Dumas, St-Louis & Routhier, 2006). These explanations can certainly be extended to social hunters such as dogs.

Our results also revealed that when the distinct target was on an external location, the dogs failed both to systematically implement the visibility rule and to randomly select between the equivalent targets, which was referred to as the external bowl effect. As

Decision Making and Visibility in Dogs

already mentioned (see Introduction), Dorais Pagé & Dumas (2009) also observed this phenomenon in cats and they interpreted it in terms of an attentional conflict between the distinct target and the intermediate target.

In addition, Dorais Pagé and Dumas interpreted in terms of brain lateralization the fact that the external bowl effect differed depending upon on the location of the distinct target. They suggested that categorization (i.e., visible vs hidden), which is associated with the left hemisphere, would have been constrained when the distinct external target was located on the right position. In other words, though the dogs clearly relied on object permanence (i.e., they recovered hidden targets), it is as if they ignored visibility as a decisional criterion regarding the order in which the targets were selected. They also suggested that global visual attention could have been constrained when the distinct external target was located on the left. But global visual attention occurs when visual attention is first directed towards a stimulus's global features (i.e., stimulus perceived as a whole) rather than its local features (i.e., details that make up the whole of the stimulus). For example, a letter composed of smaller letters (see Navon, 1977; Fagot & Deruelle, 1997). But the PET does not allow us to assess global visual attention. So, one can hardly conclude that the left external bowl effect is linked to global visual attention.

Our findings revealed that when the distinct target was on the left external location, cognitive flexibility was reduced. Indeed, the dogs no longer selected between the equivalent targets on a random basis. Previous findings have shown that the right hemisphere is associated with mechanisms involved in cognitive flexibility, such as

Decision Making and Visibility in Dogs

strategy updating (see Danckert, Stötttinger, Quehl and Anderson, 2011). Strategy updating refers to the ability to build and update mental models in response to changing task demands. For example, changing response strategy after detecting an opponent's strategy in a competitive game. While we do not claim that our findings are linked to strategy updating, we do suggest a possible link between cognitive flexibility and the right hemisphere. But more research is needed to clarify this issue.

The fact that dogs implemented the visibility rule and failed to do so under the same circumstances as cats offers further support to Dumas and Dorais Pagé (2006)'s conclusion that both species share the same decision-making system. Nevertheless, our results also revealed that dogs differed from cats. More specifically, when the distinct target was on the left location, the dogs displayed more flexibility (e.g., random selection between equivalent targets) than did cats. Under these conditions, dogs relied on two patterns of elimination when selecting between the targets whereas cats relied on a single pattern of elimination when selecting between the targets (see Dorais Pagé & Dumas, 2009, Experiments 1 and 3).

While the differences observed between cats and dogs are not as numerous as the similarities reported, they are nevertheless of interest given that previous studies also revealed that dogs exhibit more behavioral flexibility than cats in search tasks involving visible and hidden targets. As previously mentioned (see Introduction), Poucet et al. (1983) and Chapuis et al. (1983) reported that dogs randomly selected between two paths that varied in angular deviation (i.e., to reach a hidden target) and in distance (i.e., to reach a visible target), whereas cats relied on the manipulated parameter (i.e., shorter

Decision Making and Visibility in Dogs

distance or shorter angular deviation). According to Poucet et al. (1983), two orientation systems are involved in animals' decision-making. When the goal is visible from the starting point, a taxon system or guidance system is activated which causes the animals to rely almost exclusively on the starting-point-goal axis. When the goal cannot be seen from the starting point, animals rely on a locale system that consists of spatial maps that allow the animals to select the most appropriate (i.e., shortest) path. One could therefore suppose that differences observed between cats and dogs could be linked to differences in spatial orientation systems.

Doré, Fiset, Goulet, Dumas and Gagon (1996) also reported differences between cats' and dogs' search behaviours in a variant of the Piagetian invisible displacement task. In this variant, the target object was placed behind one of three opaque hiding screens that were then moved to another location (i.e., invisible transposition problem). When the target screen was moved to a different location and an empty opaque hiding screen was placed on the target screen's initial location, the dogs searched at both locations whereas the cats kept searching at the initial target location. According to the authors, the initial location of the target screen created less interference in dogs' working memory than it did in cats' working memory.

One question that has yet to be answered is which proximate mechanism is responsible for the differences in behavioural flexibility observed between dogs and cats. The authors of the above-mentioned studies proposed explanations based on different proximate mechanisms. According to Doré et al. (1996), dogs are less susceptible to interference in working memory than are cats. Chapuis et al. (1983) and Poucet et al.

Decision Making and Visibility in Dogs

(1983) suggested two kinds of spatial mechanisms, the taxon and the locale guidance systems, to account for the animals' search behaviours but they did not provide any explanation regarding interspecies differences. Lastly, we suggested that differences between dogs' and cats' search strategies might be linked to a mechanism of cognitive flexibility associated with the right hemisphere. Identifying a common mechanism underlying these interspecies could prove to be difficult. But our results and those of Chapuis et al. and Poucet et al. suggested the main issue pertains to random selection as a decisional strategy. That is, dogs seemed more resilient to informational cues that activate cognitive rules than were cats. This could reflect different decisional thresholds in both species. But further research is needed in order to clarify this point.

Interspecies comparisons of search behaviours have often been explained in terms of food distribution and phylogenetic history (see Valsecchi et al., 2000), which are causal mechanisms. Dumas and Dorais Pagé (2006) interpreted species differences between dogs and cats in terms of Gibson's (1990) causal hypothesis. As previously mentioned (see Introduction), this hypothesis states that demands on information processing capacities may be higher for cooperative hunters since their hunting strategy requires them to pay attention to multiple targets (i.e., prey and conspecifics). Consequently, one can expect to observe differences in search behaviours between dogs (i.e., social hunters) and cats (i.e., solitary hunters). Our findings, as well as those of the previously mentioned studies (i.e., Chapuis et al., 1983; Poucet et al., 1983; Doré et al., 1996), offer support for Gibson's hypothesis. One could argue that dividing attention between multiple targets while hunting lead to greater cognitive flexibility in dogs. But further research is needed to clarify this possibility.

Decision Making and Visibility in Dogs

In summary, the PET proved to be of heuristic value in investigating the decision-making in a social hunter species, and particularly in understanding the impact of the visibility of the targets. The data also offered support for Gibson (1990)'s hypothesis regarding differences in search behaviour between solitary and social hunters. But more research is certainly needed to understand how and why the position of the distinct target (whether it is hidden or visible) influences the order in which the animals select the targets.

Decision Making and Visibility in Dogs

REFERENCES

- Collier-Baker, E., Davis, J.M., & Suddendorf, T. (2004). Do dogs (*Canis familiaris*) understand invisible displacement? *Journal of Comparative Psychology*, *4*, 421-433.
- Chapuis, N., Thinus-Blanc, C., et Poucet, B. (1983). Dissociation of mechanisms involved in dogs' oriented displacements. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, *35B*, 213-219.
- De Lillo, C., Aversano, M., Tuci, E., & Visalberghi, E. (1998). Spatial constraints and regulatory functions in monkeys' (*Cebus apella*) search. *Journal of Comparative Psychology*, *112*, 353-362.
- De Lillo, C., Visalberghi, E., & Aversano, M. (1997). The organization of exhaustive searches in a patchy space by capuchin monkeys (*Cebus apella*). *Journal of Comparative Psychology*, *111*, 82-90.
- Dorais Pagé, D., & Dumas, C. (2003). Strategy planning in cats (*Felis catus*) in a progressive elimination task. *Journal of Comparative Psychology*, *117*, 53-60
- Dorais Pagé, D., & Dumas, C. (2009). Decision making and visibility in cats (*Felis catus*) in a progressive elimination task. *Animal Cognition*, *12*, 679-692.

Decision Making and Visibility in Dogs

- Doré, F. Y., Fiset, S., Goulet, S., Dumas, M-C., & Gagnon, S. (1996). Search behavior in cats and dogs: interspecific differences in working memory and spatial cognition. *Animal Learning & Behavior*, 24, 142-149.
- Dukas, R. (Ed) (1998). *Cognitive ethology. The evolutionary ecology of information processing and decision making*. Chicago: The University of Chicago Press.
- Dumas, C., & Dorais Pagé, D. (2006). Strategy planning in dogs (*Canis familiaris*) in a progressive elimination task. *Behavioural Processes*, 73, 22-28.
- Dumas, C. & Doré, FY. (1989). Cognitive development in kittens (*Felis catus*): A cross-sectional study of object permanence. *Journal of Comparative Psychology*, 103(2), 191-200.
- Fiset, S., & LeBlanc, V. (2007). Invisible displacement understanding in domestic dogs (*Canis Familiaris*): the role of visual cues in search behaviour. *Animal Cognition*, 10, 211-224.
- Fletcher, H. J. (1965). The delayed response problem. In A.M. Schrier, H.F. Harlow, & Stollinz (Eds). *Behavior of nonhuman primates*, voll (pp. 129-165). New York: Academic Press.
- Gibson, K. R. (1990). New perspectives on instincts and intelligence: brain size and the emergence of hierarchical mental construction skills. In S. T. Parker & K. R. Gibson (Eds), *Language and Intelligence in Monkeys and Apes* (pp. 97-128). Cambridge: Cambridge University Press.
- Menzel, E. W. (1973). Chimpanzee spatial memory organization. *Science*, 182, 943-945.

Decision Making and Visibility in Dogs

- Poucet, B., Thinus-Blanc, C., & Chapuis, N. (1983). Route planning in cats, in relation to the visibility of the goal. *Animal Behaviour*, *31*, 594-599.
- Rogers, L. J. (2002). Lateralization in vertebrates: its early evolution, general pattern and development. In P.J.B. Slater., J. Rosenblatt, C. Snowdon, & T. Roper, (Eds.), *Advances in the study of behavior* (vol 31) (pp. 107-162). New York: Academic Press.
- Rovee-Collier, C., Hankins, E., Bhatt, R. (1992). Textons, visual pop-out effect, and object recognition in infancy. *Journal of Experimental Psychology: General*, *121*(4), 435-445.
- Shettleworth, S. J. (2001). Animal cognition and animal behaviour. *Animal Behaviour*, *61*, 277-286.
- Vallortigara, G., Rogers, L.J. (2005). Possible evolutionary origins of cognitive brain lateralization. *Behavioral and Brain Sciences*, *28*, 575-633.
- Valsecchi, P., Bartolomucci, A., Aversano, M., & Visalberghi, E. (2000). Learning to cope with two different food distributions: The performance of house mice (*Mus musculus domesticus*). *Journal of Comparative Psychology*, *114*, 272-280.

AUTHOR NOTE

Jacinthe LeBlanc and Claude Dumas, Department of Psychology, Université du Québec à Montréal.

Support for the preparation of this article was provided by a research grant to Claude Dumas from the Natural Science and Engineering Research Council of Canada. The experiments received approval from the Comité de protection des animaux de l'Université du Québec à Montréal, which is responsible for the application and enforcement of rules of the Canadian Council on Animal Care. We thank the owners of the dogs who kindly volunteered in these experiments. We also thank the members of our laboratory for their assistance in collecting data.

Correspondence concerning this article should be addressed to Jacinthe LeBlanc, Department of Psychology, Université du Québec à Montréal, C.P. 8888 Succ. C.V., Montréal, Que., H3C 3P8, Canada. E-mail: leblanc.jacinthe@uqam.ca

Decision Making and Visibility in Dogs

TABLE 1

Post hoc comparisons regarding patterns of elimination (mean) in Experiment 1.

<i>Pattern of Elimination</i>	L-I-R (0.60)	L-R-I (0.80)	R-L-I (0.90)	R-I-L (1.50)	I-L-R (2.50)	I-R-L (2.70)
Left bowl hidden (n = 10)						
L-I-R	—				*	*
L-R-I		—			*	*
R-L-I			—		*	*
R-I-L				—		
I-L-R					—	
I-R-L						—
<i>Pattern of Elimination</i>	L-I-R (0.60)	I-R-L (0.60)	R-I-L (0.70)	I-L-R (0.90)	L-R-I (2.80)	R-L-I (3.40)
Intermediate bowl hidden (n = 10)						
L-I-R	—				*	*
I-R-L		—			*	*
R-I-L			—		*	*
I-L-R				—	*	*
L-R-I					—	
R-L-I						—

Decision Making and Visibility in Dogs

<i>Pattern of Elimination</i>	R-L-I (0.40)	R-I-L (0.60)	L-R-I (1.20)	L-I-R (1.40)	I-R-L (2.50)	I-L-R (2.90)
Right bowl hidden (n = 10)						
R-L-I	—				*	*
R-I-L		—			*	*
L-R-I			—			
L-I-R				—		
I-R-L					—	
I-L-R						—

Note. * $p < 0.05$ in the Newman-Keuls multiple comparisons test.

Decision Making and Visibility in Dogs

TABLE 2

Post hoc comparisons regarding patterns of elimination (mean) in Experiment 2.

<i>Pattern of Elimination</i>	R-I-L (0.20)	I-R-L (0.60)	I-L-R (0.70)	R-L-I (1.20)	L-I-R (2.70)	L-R-I (3.60)
Left bowl visible (n = 10)						
R-I-L	—				*	*
I-R-L		—			*	*
I-L-R			—		*	*
R-L-I				—		*
L-I-R					—	
L-R-I						—
<i>Pattern of Elimination</i>	R-L-I (0.30)	R-I-L (0.40)	L-R-I (0.50)	L-I-R (1.00)	I-R-L (2.90)	I-L-R (3.90)
Intermediate bowl visible (n = 10)						
R-L-I	—				*	*
R-I-L		—			*	*
L-R-I			—		*	*
L-I-R				—	*	*
I-R-L					—	
I-L-R						—

Decision Making and Visibility in Dogs

<i>Pattern of Elimination</i>	L-I-R (0.50)	I-L-R (0.80)	R-I-L (1.30)	I-R-L (1.60)	L-R-I (1.70)	R-L-I (3.10)
Right bowl visible (n = 10)						
L-I-R	—					*
I-L-R		—				*
R-I-L			—			
I-R-L				—		
L-R-I					—	
R-L-I						—

Note. * $p < 0.05$ in the Newman-Keuls multiple comparisons test.

Decision Making and Visibility in Dogs

TABLE 3

Post hoc comparisons regarding patterns of elimination (mean) in Experiment 3.

<i>Pattern of elimination</i>	LIR (.30)	RLI (.70)	RIL (1.00)	LRI (1.20)	ILR (2.50)	IRL (3.30)
Far left bowl hidden (n = 10)						
LIR	—				*	*
RLI		—			*	*
RIL			—		*	*
LRI				—	*	*
ILR					—	
IRL						—
<i>Pattern of Elimination</i>	LIR (.50)	RIL (.80)	ILR (1.20)	LRI (2.00)	IRL (2.00)	RLI (2.50)
Far right bowl visible (n = 10)						
LIR	—			*	*	*
RIL		—				*
ILR			—			
LRI				—		
IRL					—	
RLI						—

Decision Making and Visibility in Dogs

<i>Pattern of Elimination</i>	RIL (.60)	RLI (.80)	LRI (1.20)	LIR (1.70)	IRL (1.80)	ILR (2.90)
Far right bowl hidden (n = 10)						
RIL	—					*
RLI		—				*
LRI			—			
LIR				—		
IRL					—	
ILR						—

Note. * $p < 0.05$ in the Newman-Keuls multiple comparisons test.

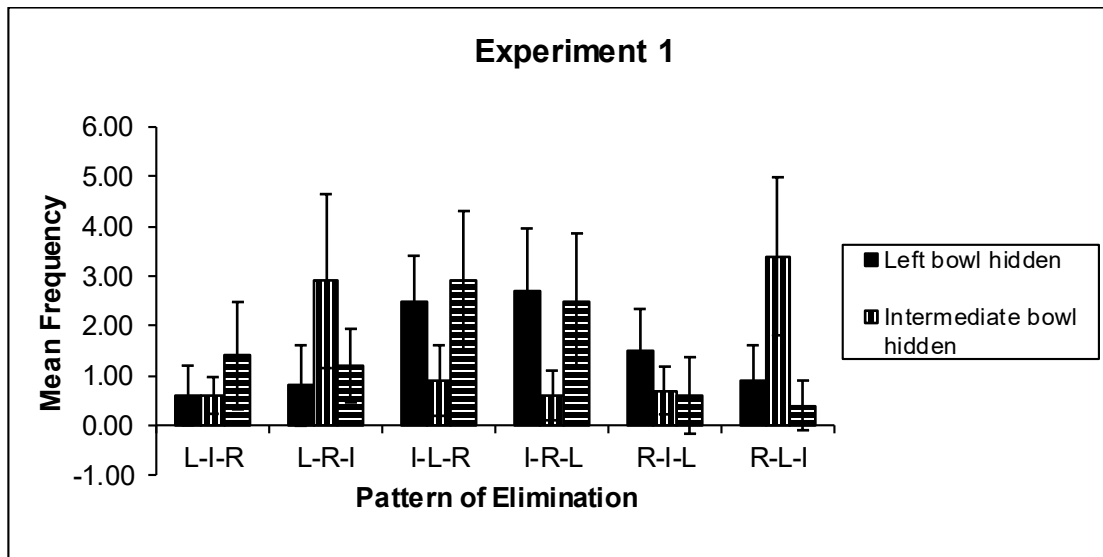
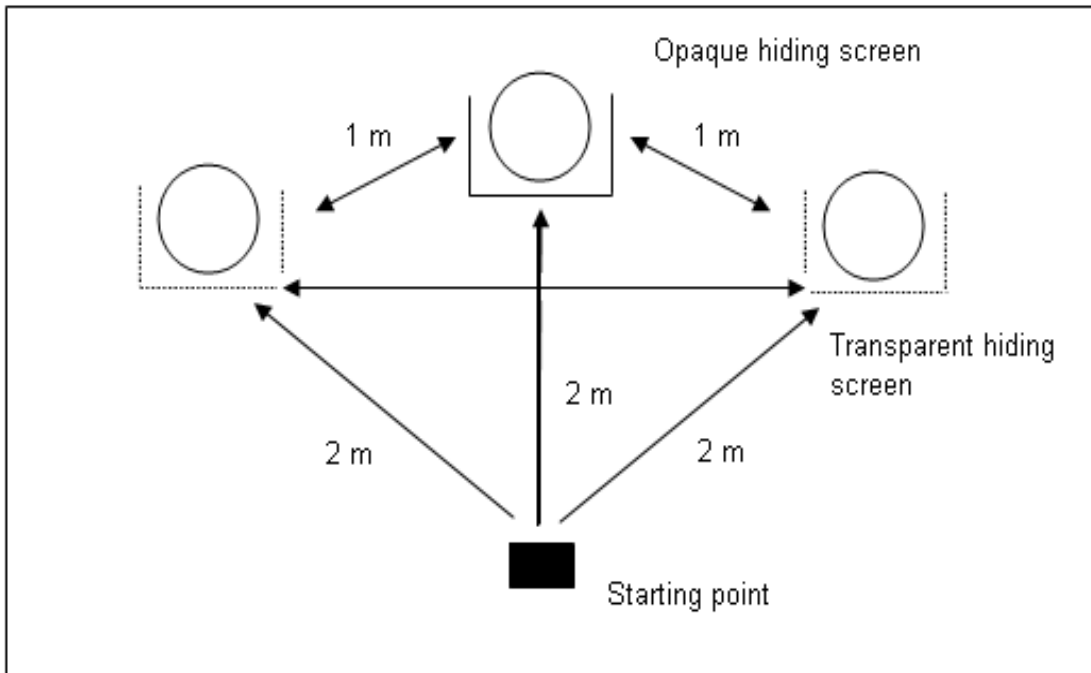
FIGURE CAPTIONS

Figure 1. A: A schematic representation of the spatial configuration of the baited bowls (L: left, I: intermediate, R: right) in Experiment 1. B: Mean number of times (and confidence interval) each pattern of elimination was chosen in Experiment 1 as a function of the position of the hidden bowl.

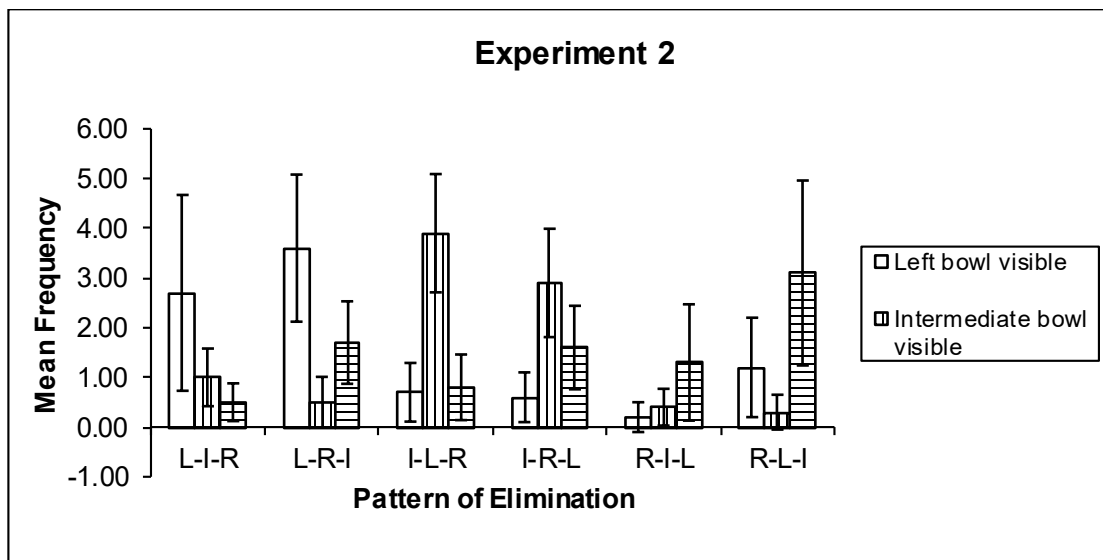
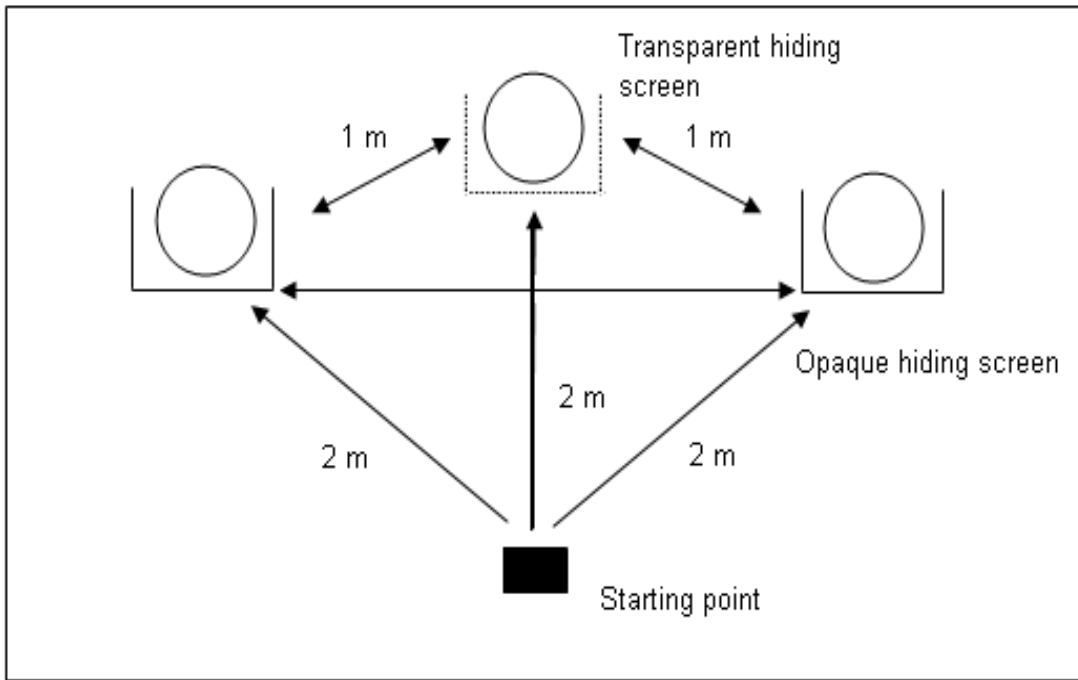
Figure 2. A: A schematic representation of the spatial configuration of the baited bowls (L: left, I: intermediate, R: right) in Experiment 2. B: Mean number of times (and confidence interval) each pattern of elimination was chosen in Experiment 2 as a function of the position of the visible bowl.

Figure 3. A: A schematic representation of the spatial configuration of the baited bowls (L: left, I: intermediate, R: right) in Experiment 3. B: Mean number of times (and confidence interval) each pattern of elimination was chosen in Experiment 3 as a function of the position of the perceptually distinct target.

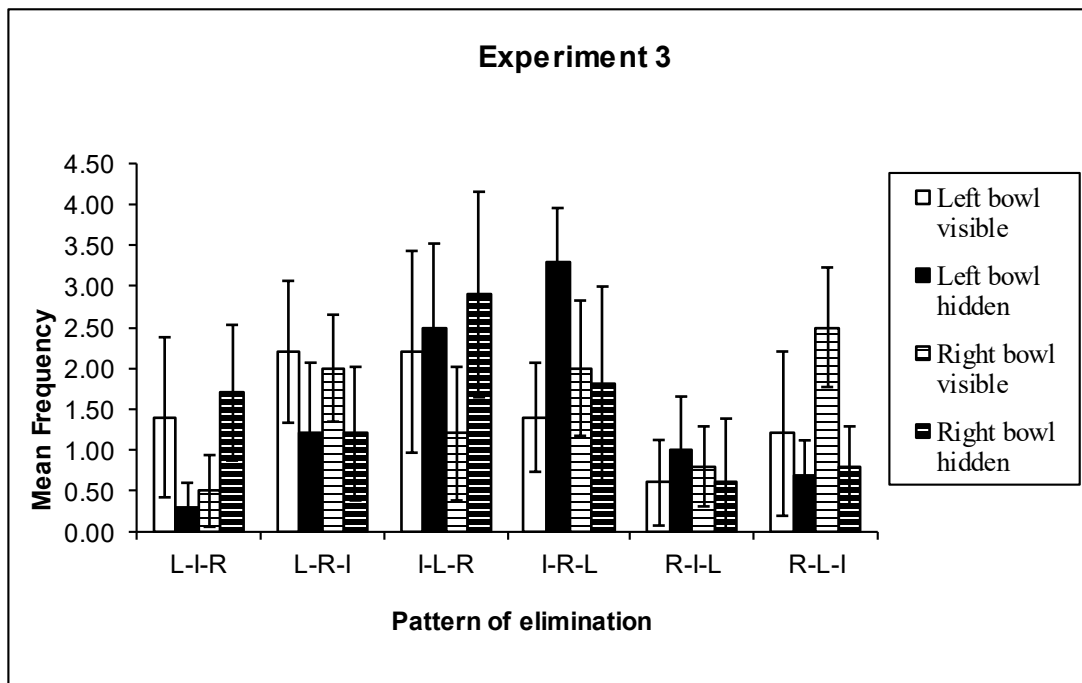
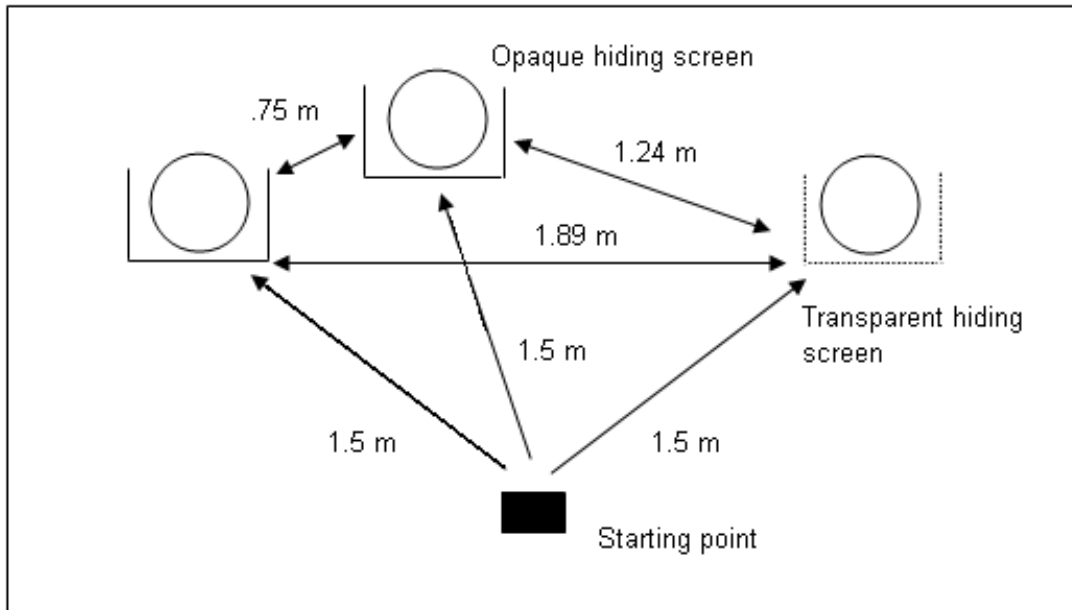
Decision Making and Visibility in Dogs



Decision Making and Visibility in Dogs



Decision Making and Visibility in Dogs



CHAPITRE III

ARTICLE 2

Résumé

Objectifs : Des études antérieures menées auprès de chats (Dorais Pagé et Dumas, 2009) et de chiens (LeBlanc et Dumas, en préparation) ont montré que la position de la cible intermédiaire est un paramètre fondamental dans l'implantation de la règle de la visibilité (i.e., choisir les cibles visibles en premier et les cachées en dernier) dans une tâche d'élimination progressive (TEP). Cette étude vise à clarifier les conditions dans lesquelles la règle de la visibilité est implantée dans une TEP.

Méthodologie et Résultats : Une TEP a été administrée à trente chiens domestiques dans laquelle les sujets devaient visiter et vider trois cibles appâtées (gauche, intermédiaire, droite) à l'intérieur d'un essai expérimental. Cette étude contient trois expériences dans lesquelles la cible intermédiaire est toujours la cible distincte sur le plan perceptuel (une cible visible et deux cibles cachées ou vice versa) et la distance entre le point de départ et les cibles est toujours constante. La procédure utilisée était identique pour l'ensemble des expériences et tous les sujets ont reçu un entraînement avant de débiter l'expérimentation.

Dans l'expérience 1 (n=10), la cible intermédiaire était placée près de l'une des deux cibles externes de sorte qu'elle était dissociée de l'axe corporel (i.e., position absolue). La cible intermédiaire était visible pour 18 essais et cachée 18 fois pour un total de 36 essais expérimentaux. La position de la cible intermédiaire (située près de la cible gauche ou de la cible droite) était contrebalancée. Les résultats ont montré que les chiens implantent la règle de la visibilité, mais ne choisissent pas au hasard entre les cibles équivalentes sur le plan perceptuel (les deux cibles externes cachées ou les deux cibles externes visibles). L'expérience 2 (n=10) visait à examiner si la position absolue de la cible intermédiaire distincte est une condition nécessaire et suffisante pour l'implantation de la règle de la visibilité. La cible intermédiaire était visible 18 fois et cachée 18 fois pour un total de 36 essais expérimentaux. La cible gauche était rapprochée de la cible intermédiaire pour la moitié des essais et la cible droite était rapprochée de la cible intermédiaire pour l'autre moitié. Les résultats ont montré que les chiens implantent la règle de la visibilité lorsque la cible intermédiaire est cachée, mais ne choisissent pas au hasard entre les deux cibles externes. Lorsque la cible intermédiaire est visible, les chiens choisissent au hasard entre les trois cibles. Dans l'expérience 3 (n=10), la cible intermédiaire était visible et la distance entre les cibles adjacentes était diminuée, mais toujours constante. La cible intermédiaire était en ligne avec l'axe corporel 18 fois et dissociée de l'axe corporel 18 fois pour un total de 36 essais expérimentaux. L'emplacement de la cible intermédiaire par rapport à l'axe corporel (à la gauche ou à la droite) était contrebalancé. Les résultats ont montré que les chiens implantent la règle de la visibilité, mais ne choisissent pas au hasard entre les cibles équivalentes.

Conclusion : Nos données montrent qu'un effet similaire à celui de la cible externe se produit lorsque la cible distincte est en position intermédiaire et que les angles de déviation entre les cibles adjacentes sont inégaux et lorsque la distance entre les cibles adjacentes est diminuée. L'hypothèse attentionnelle proposée pour rendre compte de l'effet de la cible externe ne peut pas rendre compte de ces résultats. Les données sont expliquées en fonction d'un compromis entre la flexibilité des comportements de recherche et la charge cognitive.

Running head: DECISION MAKING AND VISIBILITY IN DOGS

Decision-making and Visibility in Dogs (*Canis familiaris*) in a Progressive
Elimination Task II

Jacinthe LeBlanc and Claude Dumas

Université du Québec à Montréal

ABSTRACT

Recent empirical evidence suggests that the intermediate target's position in a progressive elimination task (PET) is a fundamental factor in the implementation of a cognitive rule known as the visibility rule (e.g., select the visible target(s) first and the hidden target(s) last) and random selection of the equivalent (i.e., two visible or two hidden) targets. In the present study, domestic dogs (*Canis familiaris*) were administered a PET in which they had to visit and deplete either two visible and one hidden target or one visible and two hidden targets. The intermediate bowl was always the distinct target (e.g., the intermediate bowl visible and the two remaining targets hidden or the opposite) and was either in line with the body axis or dissociated from the body axis. Dogs were allowed to visit one site at a time and were brought back to the starting point after each visit whether they made a correct choice or an error (e.g., visited an already depleted site). A trial was completed when all three sites had been visited and depleted. In Experiment 1, the visibility rule was implemented when the intermediate target was dissociated from the body axis and angular deviation between the targets was unequal, but the selection between the equivalent targets was no longer random. The same was also true for when the distinct intermediate target was hidden and in line with the body axis when angular deviation between targets was unequal in Experiment 2. When the distinct intermediate target was visible under these conditions, the dogs randomly selected between all three targets. Finally, in Experiment 3, the visibility rule was implemented when angular deviation was constant and low regardless of the distinct intermediate target's location (in line or dissociated from the body axis). However, the selection between random targets was no longer random. The role of divided attention and cognitive overload is also discussed.

DECISION MAKING AND VISIBILITY IN DOGS (CANIS FAMILIARIS) IN RA
PROGRESSIVE ELIMINATION TASK II

In recent years, there has been a renewed interest in the use of the progressive elimination task (PET) as a way to examine animal decision-making (see De Lillo, Aversano, Tuci & Visalberghi, 1998; De Lillo, Visalberghi & Aversano, 1997; Dorais Pagé & Dumas, 2003, 2009; Dumas & Dorais Pagé, 2006; Valsecchi, Bartolomucci, Aversano, & Visalberghi, 2000). In this task, animals are usually trained to empty a single baited site. Then the animals are introduced to the multi site set-up in which they are let free to visit the sites in any order until all sites have been emptied. This task has allowed researchers to examine animals' spatial memory, search strategy and search efficiency (see, Menzel, 1973 ; Dorais Pagé & Dumas, 2003 ; Dumas & Dorais Pagé, 2006).

Most of the studies using the PET have focused on the impact of spatial information on search behaviour, which is a relevant source of information for most species' daily activities. For instance, studies have shown that animals choose first among many targets the closest one, which is referred to as the least distance rule (see Menzel, 1973 ; Dorais Pagé & Dumas, 2003). Empirical data (Lachman, 1965) also revealed that animals may rather choose as the next target the farthest one, which is referred to as the maximum divergence principle (see Lachman, 1965).

Decision Making and Visibility in Dogs

Visibility is also a relevant source of information especially in species endowed with object permanence; that is, species able to maintain a representation of a relevant piece of information that is no longer visible. Indeed, in recent studies the PET has been used to examine the impact of the visibility of the target in cats (Dorais Pagé & Dumas, 2009) and dogs (LeBlanc & Dumas, in preparation), two species that have reached Stage V of object permanence (see Collier-Baker, Davis & Suddendorf, 2004; Dumas & Doré, 1989, 1991; Fiset & LeBlanc, 2007). Dogs and cats were administered a 3-choice PET in which they had to visit either one hidden (i.e., the distinct target) and two visible targets (i.e., equivalent targets) or one visible and two hidden targets. The results revealed that, when the intermediate target was perceptually distinct (e.g., being visible while the two other targets are hidden), cats and dogs chose the visible target(s) first and the hidden target(s) last. That was referred to as the visibility rule. Under these circumstances, animals also randomly selected between the two visible or the two hidden targets. When either the right or the left bowl was the distinct target, the implementation of the visibility rule was impeded or the selection between the equivalent targets was no longer random, which was referred to as the external bowl effect. Finally, this external bowl effect was stronger when the distinct target was visible and located on the right position.

Dorais Pagé and Dumas (2009) interpreted these findings in terms of divided attention, brain lateralization and salience of the visible target per se. Firstly, it was suggested that both the distinct target and the intermediate target attract attention. When the distinct target is on the intermediate location, both sources of attention overlap. Therefore, there is no conflict. However, when the distinct target is on an external

Decision Making and Visibility in Dogs

location, animals have to divide attention between two targets (intermediate and external distinct), which impedes the implementation of the visibility rule or the random selection between equivalent targets. Secondly, the fact that the external bowl effect differed depending on its location (i.e., left or right) was interpreted in terms of brain lateralization (see Rogers, 2002; Vallortigara & Rogers, 2005 for a review). It was suggested that the difficulty in implementing the visibility rule when the distinct target was on the right location was linked to categorization (i.e., left hemisphere) whereas the non-random selection between equivalent targets when the distinct target was located on the left location was linked to global visual attention (i.e., right hemisphere) (but see LeBlanc and Dumas, in preparation, for a different view). Finally, it was suggested that a visible target is more salient than a hidden target and as such attracts attention. Hence the stronger external bowl effect when the distinct target is visible.

However, Dorais Pagé and Dumas's (2009) attentional hypothesis has not yet been systematically tested. One relevant issue pertains to the conditions under which animals can or cannot implement the visibility rule. For instance, does the distinct target necessarily have to be on an external location in order to modulate the implementation of the visibility rule or the random selection between equivalent targets? The present study reports three experiments designed to address this issue and in which the distinct target was located on the intermediate target. In Experiment 1, the intermediate target was placed closer to one of the two external targets than the other so that it was no longer in line with the body axis (i.e., no longer on the absolute intermediate position). In Experiment 2, the intermediate target was on the absolute position and one of the

Decision Making and Visibility in Dogs

two external bowls was placed closer to the intermediate target than was the other one. Finally, in Experiment 3, both external targets were placed close to the intermediate target and the distance between adjacent targets was constant.

EXPERIMENT 1

Experiment 1 aims at verifying in a 3-choice PET whether having the distinct intermediate target close to one of the two external targets will impede either random selection between equivalent targets or the implementation of the visibility rule.

According to the attentional hypothesis (Dorais Pagé & Dumas, 2009), as long as the intermediate bowl is the distinct target, whatever its position (i.e., whether it is in line or not with the body axis of the dog) between the two external targets, the dogs should implement the visibility rule and randomly select between the two equivalent targets. This is so because the dogs do not have to divide attention between the intermediate target and the distinct target (i.e., both sources of attention overlap).

But, when the intermediate target is no longer in line with the body axis, not only is the position of the target changed, but also the angular deviation between adjacent targets is modified. Indeed, data from a recent study conducted by LeBlanc and Dumas (in preparation) revealed that there was an external bowl effect when the distinct target was on an external location and the intermediate target was no longer in line with the body axis of the dog (i.e., unequal angular deviation). In this study, the intermediate target was closer to the external target (e.g., left) that matched its visibility (e.g., being visible like the intermediate target) than to the other external target (e.g., right), which

Decision Making and Visibility in Dogs

was the distinct target (e.g., being hidden). In addition, the external bowl effect seemed to be stronger under these circumstances than when the intermediate target was in line with the body axis. Then, one could have argued that these results were linked to unequal angular deviations rather than to an attentional conflict between the distinct external target and the intermediate target. But LeBlanc and Dumas set aside this hypothesis, arguing that the dogs should have exhibited divergence (i.e., choosing the farthest target as the next choice) like what had been observed in Dumas and Dorais Pagé' study (2006) in which all targets were visible and angular deviation between adjacent targets was unequal. Hence, LeBlanc and Dumas assumed that the visibility factor overrode the unequal angular deviation factor in their study. Nonetheless, a closer look at Dumas and Dorais Pagé (2006)'s findings reveals that unequal angular deviations not only induced divergence but also a position bias at the left target on the very first choice; that is, random selection between equivalent targets was constrained. Therefore, one may predict that unequal angular deviations in Experiment 1 will at least constrain random selection between equivalent targets without necessarily inducing divergence.

METHOD

Subjects

Decision Making and Visibility in Dogs

The subjects were 10 (7 males and 3 females) domestic dogs (*Canis familiaris*), which were tested in their owners' home. Two dogs had participated in a previous study one year before while the remaining eight dogs were experimentally naive. The youngest subject was 11 months old and the oldest subject was 14 years old ($M = 5$ years and 2 months, $SD = 4$ years and 8 months). An additional dog was eliminated due to health problems.

Apparatus

Three identical plastic bowls (5.7 cm in height x 10.5 cm in diameter) were used as well as two U-shaped opaque hiding screens made of wood (19 × 15 × 30 cm), one transparent control screen made of Plexiglas (same dimensions as the opaque hiding screen) and a large opaque panel (95 cm × 82 cm). Also, pellets of dry commercial dog food were used.

Procedure

The experimental procedure was divided in two phases: training and testing. The owners were allowed to watch both the training and experimental trials. In order to prevent cueing, the owners were instructed to remain behind the experimenters and the dog and to withhold from interacting (e.g., talking to the dog, gesturing towards the bowl, etc.) with the dog during the trials. Food was not available for at least 2 hours before training and testing sessions; water was available ad libitum.

Training

First, an experimenter (E1) gently restrained the animal by its collar at the starting point. While holding the dog's collar with one hand, E1 placed the large opaque panel in front of the dog. This procedure allowed the second experimenter (E2) to set-up the experimental apparatus for the next trial without being viewed by the dog. Once the intertrial interval manipulations were completed, E2 returned behind E1 who then removed the panel and let the dog visit the bowls. This intertrial procedure was used throughout all training and experimental trials in the three experiments reported in the present study. There were 24 training trials and a single bowl containing a food pellet was used on each trial. On the first trial, the bowl was placed a few centimetres in front of the starting point. On the next 3 trials, the distance between the starting point and the target bowl was progressively increased up to 2.75 m. For the remaining 20 trials, the position of the bowl was randomly chosen among 20 predetermined positions in a (1.5 m × 1.5 m) area located 1 m in front of the starting point. None of these positions corresponded to any of the three target positions used in the experimental sessions. On half of these 20 trials the opaque screen was placed just behind the bowl and for the other half of the trials the transparent screen was placed just behind the bowl in order to familiarize the dog with the presence of the screen. On 2 of the 10 trials with the opaque screen, once E2 had completed the intertrial manipulations, instead of coming back behind E1, E2 stood behind the bowl and the screen and signalled E1 to remove the panel. While the dog was still held by E1, E2 captured the dogs attention by calling out its name. While the dog was attentive, E2 moved the bowl behind the screen before returning behind E1. The dog was then released and allowed to visit the bowl behind

Decision Making and Visibility in Dogs

the screen. The same was done with 2 of the 10 trials with the transparent screen. The order of presentation for these last 20 trials was randomly determined for each subject. To succeed on any training trial, the dog had to walk from the starting point to the bowl and eat the food pellet within 30s, otherwise the trial was failed. Whether the dog succeeded or failed on any trial, E1 brought it back to the starting point, held its collar and placed the large opaque panel in front of it so that E2 could complete the intertrial manipulations. The side (left or right) from which E2 came back behind the starting point and the side (left or right) from which E1 held the dog were counterbalanced across trials for each subject. This procedure was used throughout the three experiments reported in the present study, both on training and experimental trials. On each trial, E2 stood behind E1 at the starting point and noted whether or not the dog had succeeded. Training was completed when the dogs could empty the bowl on 20 out of the 24 trials in a single session. For all 3 experiments reported in this study, experimentally naïve dogs were administered two training sessions whereas dogs that had participated in previous studies were administered one training session. On average, the dogs needed 1.80 ($SD = .42$, range = 1-2) training sessions to satisfy this criterion and 2.10 sessions ($SD = .32$, range = 1-3) to complete the experimental trials.

Experimental trials

The experimental trials were administered on the session following the end of training. The dog was first administered 2 warm-up trials similar to the first 4 training trials (e.g., no opaque or transparent screen). Then the dog was administered the experimental

Decision Making and Visibility in Dogs

trials. As outlined earlier, the large opaque panel was always placed in front of the dog between trials. For each experimental trial, the 3 bowls were arrayed in a semi circle and the screens (one transparent and two opaque or two transparent and one opaque) were placed behind the bowls. Each bowl contained a single food pellet. Once E2 had completed the intertrial manipulations, E1 removed the large opaque hiding panel placed in front of the dog. Then, E2 captured the dog's attention by calling out its name. While the dog was attentive, E2 moved each bowl successively behind its respective screen so that one bowl was hidden while the other bowls were still visible behind the transparent screens. The order (1st, 2nd, 3rd) in which the bowl to be hidden was manipulated (e.g., moved behind the opaque screen) was counterbalanced across the trials for each subject. Afterwards, E2 returned to the starting point and stood behind E1. The dog was then released and allowed to visit one bowl. If the dog chose a baited bowl, it was allowed to eat the food pellet before being brought back to the starting point where it was released again. If the dog chose an already visited bowl, it was immediately brought back to the starting point by E1 where it was released again. On each trial E2 noted the order in which each bowl was visited and whether it was a first visit or a revisit (e.g., an error). A choice was defined as any behaviour or head movement allowing visual access to the content of the bowl (e.g., bending the head in the bowl, leaning towards the inner part of the bowl, etc.). A trial was completed when all bowls had been emptied. The dogs were administered 36 trials in which the intermediate bowl was no longer in line with the body axis of the dog but placed closer to one of the two external bowls (e.g., close external bowl). The intermediate bowl was the perceptually distinct target (e.g., intermediate bowl visible and close external target and far external target hidden or vice versa). On 18 trials, the intermediate bowl was

Decision Making and Visibility in Dogs

visible and on the remaining 18 trials, it was hidden. On half the trials, the perceptually distinct intermediate bowl was placed closer to the left external bowl and on the remaining half of the trials it was placed closer to the right external bowl. The three bowls were always equidistant from the starting point (see Figure 1). The order of presentation of the trials was randomly determined for each dog. If the dog did not collaborate 5 times in a row or ran away in another room the session was ended. On average, the dogs needed 1.80 ($SD = .42$, range = 1-2) training sessions to satisfy this criterion and 2.10 sessions ($SD = .32$, range = 1-3) to complete the experimental trials.

Insert figure 1 around here

Results

A preliminary 2 (Visibility of the intermediate bowl: visible vs hidden) x 3 (Order in which the intermediate bowl was manipulated) x 6 (Pattern of elimination) ANOVA with order of manipulation and pattern of elimination as within-subjects factors, computed on the number of times each pattern was chosen, revealed a significant Pattern effect, $F(5, 45) = 7.34$, $p < .001$, $MSE = 3.67$, and a significant Visibility x Pattern interaction, $F(5, 45) = 31.42$, $p < .001$, $MSE = 1.29$. Since there was no main Order of manipulation effect and both the two-way Order x Patter interaction and the

Decision Making and Visibility in Dogs

three-way Visibility x Order x Pattern interaction failed to reach significance, the data were pooled for further analyses.

A 2 (Visibility of the intermediate bowl) x 2 (Position of the intermediate bowl: closer to the left bowl or closer to the right bowl) x 6 (Pattern of elimination) ANOVA with Visibility, Position and Pattern of elimination as within-subject factors, computed on the number of times each pattern was chosen, revealed a significant Pattern of elimination effect, $F(5, 45) = 7.40, p < .001, MSE = 2.77$, and a significant Visibility x Pattern of elimination interaction, $F(5, 45) = 35.56, p < .001, MSE = 1.86$. When the intermediate bowl was visible a one-way ANOVA with Pattern of elimination as a within-subject factor revealed a significant pattern effect, $F(5, 45) = 19.86, p < .001, MSE = 3.51$. Post-hoc comparisons (Newman-Keuls, $p < .05$) revealed that the pattern IRL was chosen more often than the five remaining patterns. Also, patterns RIL and ILR were chosen more often than LRI, RLI and LIR (see Table 1). The dogs were more likely to empty the visible intermediate bowl on their first visit, the hidden right bowl on their second correct visit and the hidden left bowl on their last visit. A similar analysis for when the intermediate bowl was hidden revealed a significant Pattern effect, $F(5, 45) = 16.09, p < .001, MSE = 5.76$. Post-hoc comparisons revealed that the pattern RLI was chosen more often than the five remaining patterns. The dogs emptied the visible right bowl on their first visit, the visible left bowl on their second correct visit and the hidden intermediate bowl on their last visit.

Decision Making and Visibility in Dogs

Errors were also analyzed. The mean number of errors on the first block of six trials ($M = 11.30$, $SD = 8.82$) was compared to that of the last block of six trials ($M = 4.00$, $SD = 2.87$). There was no significant difference, $t(9) = 2.24$, $p = .052$.

A 2 (Visibility of the intermediate bowl: visible vs hidden) x 2 (Position of the intermediate bowl: left or right) x 3 (Bowl: left, intermediate or right) ANOVA with Visibility, Position and Bowl as within-subject factors, computed on the number of errors, revealed a significant Bowl effect, $F(2, 18) = 3.66$, $p < .05$, $MSE = 9.74$, a significant Visibility x Position interaction, $F(1, 9) = 7.57$, $p < .05$, $MSE = 1.94$, and a significant Visibility x Bowl interaction, $F(2, 18) = 26.79$, $p < .001$, $MSE = 11.14$. The main Bowl effect revealed that the dogs made significantly less errors at the left bowl than at the remaining bowls. The Visibility x Position interaction revealed that the dogs made more errors when the intermediate target was visible and on the left than when it was visible and on the right, $t(9) = 3.81$, $p = .004$. When the intermediate bowl was visible, a one-way ANOVA with Bowl as a within-subject factor, computed on the number of errors, revealed a significant Bowl effect, $F(2, 18) = 15.23$, $p < .001$, $MSE = 32.05$. Post hoc comparisons (N-K, $p < .005$) revealed that the dogs made significantly more errors at the visible intermediate bowl than at the remaining hidden external bowls. A similar analysis for the Visibility x Bowl interaction revealed that when the intermediate bowl was hidden there was a significant Bowl effect, $F(2, 18) = 18.54$, $p < .001$, $MSE = 9.70$. Post hoc comparisons (N-K, $p < .05$) revealed that the dogs made significantly less errors at the hidden intermediate bowl than at the remaining visible external targets.

Decision Making and Visibility in Dogs

Lastly, 2 (Visibility of the intermediate target: visible vs hidden) x 2 (Moment: after the 1st correct choice vs after the second correct choice) x 3 (Bowls: left, intermediate or right) ANOVA with Visibility, Moment and Bowls as within- subject factors, computed on the number of errors, revealed a significant Moment effect, $F(1, 9) = 29.46$, $p < .001$, $MSE = 11.32$, and a significant Bowls effect, $F(2, 18) = 3.66$, $p < .05$, $MSE = 9.74$. The dogs made more errors after the second correct choice and made significantly less errors at the left bowl than at the remaining bowls. All two-ways interactions reached significance, but these were of little interest given the significant Visibility x Moment x Bowls interaction, $F(2, 18) = 6.89$, $p < .05$, $MSE = 4.40$. When the intermediate bowl was visible, a one-way ANOVA with Moment as a within-subjects factor, computed on the number of errors, revealed a significant Moment effect, $F(2, 18) = 9.61$, $p < .05$, $MSE = 14.41$. Post hoc comparisons (N-K, $p < .05$) revealed that the dogs made more errors at the intermediate bowl than at the remaining external bowls after the first correct choice. The ANOVA conducted on the numbers of errors made after the second correct choice also revealed a significant Moment effect, $F(2, 18) = 19.52$, $p < .001$, $MSE = 5.54$. Post hoc comparisons (N-K, $p < .05$) revealed that the dogs made more errors at the intermediate bowl than at the remaining external bowls after the second correct choice. When the intermediate bowl was hidden, the ANOVA did not reveal any significant difference after the first correct choice. Therefore, errors made after the first correct choice were distributed equally among all three bowls. Finally, the ANOVA conducted on the numbers of errors made after the second correct choice revealed a significant Moment effect, $F(2, 18) = 19.94$, $p < .001$, $MSE = 8.79$. Post hoc comparisons (N-K, $p < .05$) revealed that after the second correct

Decision Making and Visibility in Dogs

choice, the dogs made more errors at the right bowl than at the remaining bowls. Also, the dogs made more errors at the left bowl than at the intermediate bowl.

Discussion

Experiment 1 was designed to contrast the attentional hypothesis and the unequal angular deviation hypothesis. The results revealed that the visibility rule was implemented whether the distinct intermediate target was visible or hidden, but that the selection between the equivalent targets was no longer random. The data therefore support the unequal angular deviation hypothesis.

In Experiment 1, when manipulating angular deviation, the position of the intermediate target was also manipulated. Hence, these two factors were confounded. A previous study (LeBlanc & Dumas, in preparation, Experiments 1 and 2) revealed that, when the distinct intermediate target was located on the absolute position (i.e., in line with the dog's body axis) and angular deviation between the targets was constant, the dogs implemented the visibility rule. So, it remains to be verified to what extent dogs will still implement the visibility rule when the distinct intermediate target is located on the absolute position but with unequal angular deviation between adjacent targets.

EXPERIMENT 2

Experiment 2 aimed at verifying whether the absolute position is a necessary and sufficient condition to allow the implementation of the visibility rule in spite of unequal angular deviation between adjacent targets. Accordingly, the dogs were administered a 3-choice PET in which the distinct target was in line with the body axis of the dogs (absolute position) and one of the external targets was placed closer to the intermediate target.

METHOD

Subjects & Procedure

The subjects were 10 (7 males and 3 females) domestic dogs (*Canis familiaris*), which were tested in their owners' home. Two dogs had participated in Experiment 1 while the remaining eight dogs were experimentally naïve. The youngest subject was 2 years old and the oldest subject was 9 years old ($M = 5$ years and 8 months, $SD = 2$ years and 8 months). The dogs were trained following the same procedure (and criterion) as in

Decision Making and Visibility in Dogs

Experiment 1. The dogs were administered 36 trials in which one of the two external bowls was placed closer to the intermediate bowl (e.g., close external target). The intermediate bowl was the perceptually distinct target (e.g., intermediate bowl visible and close external target and far external target hidden or vice versa). On 18 trials, the intermediate bowl was visible and on the remaining 18 trials, it was hidden. On half the trials, the left external bowl was placed closer to the perceptually distinct intermediate bowl and on the remaining half of the trials the right external bowl was placed closer to the perceptually distinct intermediate bowl (see Figure 2). The general procedure used for the administration of the experimental trials was the same as those used in the previous experiment. On average, the dogs needed 1.80 ($SD = 0.422$ range = 1–2) training sessions to satisfy this criterion and 2.30 sessions ($SD = 0.823$ range = 1–4) to complete the experimental trials.

Insert figure 2 around here

Results

A preliminary 3 (Order in which the intermediate bowl was manipulated) x 6 (Pattern of elimination) ANOVA with order of manipulation and pattern of elimination as within-subject factors, computed on the number of times each pattern was chosen, revealed a significant Pattern effect, $F(5, 45) = 3.25$, $MSE = 5.36$. Since neither the

Decision Making and Visibility in Dogs

Order of manipulation effect nor the Order of manipulation x Pattern of elimination interaction reached significance, the data were pooled for further analyses.

A 2 (Visibility of the intermediate bowl: visible vs hidden) x 2 (Position of the external bowl: left bowl closer to the intermediate bowl or right bowl closer to the intermediate bowl) x 6 (Pattern of elimination) ANOVA with Visibility of the intermediate bowl, position of the external bowl and pattern of elimination as within-subject factors, computed on the number of times each pattern was chosen, revealed a significant Pattern effect, $F(5, 45) = 3.25$, $p < .05$, $MSE = 4.02$, and a significant Visibility of the intermediate bowl x Pattern of elimination interaction, $F(5, 35) = 11.80$, $p < .001$, $MSE = 1.81$. When the intermediate bowl was visible, a one-way ANOVA with Pattern of elimination as a within-subjects factor revealed no significant difference. Therefore, all patterns of elimination were equiprobable. A similar analysis for when the intermediate bowl was hidden revealed a significant pattern effect, $F(5, 45) = 10.60$, $MSE = 5.10$. Post-hoc comparisons (N-K, $p < 0.5$) revealed that the pattern RLI was chosen more often than the remaining patterns (see Table 2). The dogs were more likely to empty the visible right bowl on their first visit, the visible left bowl on their second correct visit and the hidden intermediate bowl on their last visit.

Errors were also analyzed. The mean number of errors on the first block of six trials ($M = 11.20$, $SD = 7.42$) was compared to that on the last block of six trials ($M = 4.10$, $SD = 3.21$). There were fewer errors in the last six trials than in the first six trials, $t(9) = 2.89$, $p = .02$.

Decision Making and Visibility in Dogs

A 2 (Visibility of the intermediate bowl: visible vs hidden) x 2 (Position of the external bowl: left bowl placed closer to intermediate bowl or right bowl placed closer to intermediate bowl) x 3 (Bowl: left, intermediate or right) ANOVA with Visibility, Position and Bowl as within-subjects factors, computed on the number of errors, revealed a significant Visibility x Bowl interaction, $F(2, 18) = 11.97, p < .001, MSE = 5.97$. When the intermediate bowl was visible, a one-way ANOVA with Bowl as a within-subjects factor, computed on the number of errors, did not reveal any significant difference. Therefore, errors were distributed equally among all three bowls when the intermediate bowl was visible. A similar analysis for when the intermediate bowl was hidden revealed a significant Bowl effect, $F(2, 18) = 11.81, p < .05, MSE = 14.48$. Post hoc comparisons (N-K, $p < .05$) revealed that the dogs made significantly less errors at the intermediate bowl than at the remaining external bowls. Lastly, a 2 (Visibility of the intermediate target: visible vs hidden) x 2 (Moment: after the 1st correct choice vs after the 2nd correct choice) x 3 (Bowl: left, intermediate or right) ANOVA with Visibility, Moment and Bowl as within-subjects factors, computed on the number of errors, revealed a significant Moment effect, $F(1, 9) = 98.71, p < .001, MSE = 7.30$. The dogs made more errors after the second correct choice than after the first correct choice. All two-way interactions reached significance, but these were of little interest given the significant Visibility x Moment x Bowl interaction, $F(2, 18) = 9.03, p < .05, MSE = 3.21$. When the intermediate bowl was visible, a one-way ANOVA with Moment as a within-subjects factor, computed on the number of errors, revealed a significant Moment effect, $F(2, 18) = 4.12, p < .05, MSE = 2.95$. Post hoc comparisons (N-K, $p < .05$) revealed that the dogs made more errors at the intermediate bowl than at the right bowl after the first correct choice. No significant difference was found after

Decision Making and Visibility in Dogs

the second correct choice. Therefore, errors were distributed equally among all three bowls after the second correct choice. A similar analysis for when the intermediate bowl was hidden did not reveal any significant difference after the first correct choice. Therefore, errors were distributed equally among all three bowls after the first correct choice. Finally, a similar analysis for errors made after the second correct choice revealed a significant Moment effect, $F(2, 18) = 14.64$, $p < .001$, $MSE = 12.14$. Post hoc comparisons (N-K, $p < .05$) revealed that the dogs made significantly less errors at the intermediate bowl than at the remaining external bowls.

Discussion

Experiment 2 was designed to examine if the absolute position of the intermediate target is a necessary and sufficient condition to allow the implementation of the visibility rule when angular deviation is unequal. The data revealed that when the distinct intermediate target was hidden, the visibility rule was implemented but the selection between the equivalent targets was no longer random. Surprisingly, when the distinct intermediate target was visible, the dogs randomly selected between all three targets. Overall, the results of Experiment 2 indicate that when angular deviation between adjacent targets is unequal, the absolute position of the distinct intermediate target is not a sufficient condition for the implementation of the visibility rule or for random selection between equivalent targets. This suggests that when the distinct target is located on the intermediate position, angular deviations must be constant in order for the visibility rule to be systematically implemented and equivalent targets selected on

Decision Making and Visibility in Dogs

a random basis. However, it still remains to be seen if the absolute position of the distinct intermediate target is a necessary condition to allow the implementation of the visibility rule and random selection between equivalent targets when angular deviations are constant.

When angular deviation between adjacent targets was unequal in Experiments 1 and 2, there was a low angular deviation (i.e., between the intermediate target and the close external target) and a large angular deviation (i.e., between the intermediate target and the far external target). Recent findings (Dumas, Laperlier, Guillou and LeBlanc, submitted) have shown that low but constant angular deviation between visible adjacent targets constrains random selection. It therefore remains to be seen if low but constant angular deviation between visible and hidden targets will also constrain the random selection of equivalent targets or the implementation of the visibility rule.

EXPERIMENT 3

Experiment 3 aimed at verifying the impact of a short (but constant) distance (i.e., low angular deviation) between adjacent targets while controlling for the absolute position of the distinct intermediate target. In Experiments 1 and 2, low angular deviation between the intermediate target and the close external target was confounded with the absolute position of the distinct intermediate target. It therefore remains to be seen to what extent the dogs will be able to implement the visibility rule and randomly select between the equivalent targets under conditions of low but constant angular deviation while controlling for the absolute position of the intermediate target. The distinct intermediate target remained visible throughout all trials since the dogs exhibited more difficulty with the implementation of the visibility rule under these conditions in Experiments 1 and 2.

Subjects and procedure

The subjects were 10 (4 males and 6 females) domestic dogs (*Canis familiaris*), which were tested in their owners' home. Two dogs had participated in a previous study while the remaining eight dogs were experimentally naive. The youngest subject was 7 months old and the oldest subject was 11 years old ($M = 3$ years and 6 months old, $SD = 3$ years old). An additional dog was eliminated in the experimental phase due to a

Decision Making and Visibility in Dogs

lack of motivation. There were 36 trials in Experiment 3. On 18 trials, the visible intermediate bowl was visible (e.g., placed behind the transparent screen) and located in the dog's body axis while the external bowls (e.g., left and right) were hidden. On the remaining 18 trials, the visible intermediate bowl was removed from the dog's body axis. On half of these trials, the intermediate bowl was placed to the left of the dog's body axis and on the other half it was placed to the right. The bowl to bowl distances remained constant during all 36 trials whose order of presentation was randomly determined for each subject. The general procedure used for the administration of the training and experimental trials was the same as those used in the previous experiments. On average, the dogs needed approximately 2.20 session ($SD = .42$, range = 2-3) to complete all 36 trials.

Insert figure 3 around here

Results

A preliminary 3 (Order in which the intermediate bowl was manipulated: 1st, 2nd or 3rd) x 6 (Pattern of elimination) ANOVA with Order and Pattern as within-subjects factors, computed on the number of times each pattern was chosen, revealed a significant Pattern of elimination effect, $F(5, 45) = 5.08$, $p < .05$, $MSE = 4.81$. Since neither the

Decision Making and Visibility in Dogs

Order of manipulation effect nor the Order of manipulation x Pattern of elimination interaction reached significance, the data were pooled for further analyses.

A preliminary 2 (Position of the intermediate bowl: to the left or to the right of the body axis) x 6 (Pattern of elimination) ANOVA, with Position of the visible intermediate bowl and pattern of elimination as within-subject factors, computed on the number of time each pattern was chosen, revealed a significant pattern of elimination effect, $F(5, 45) = 3.94$, $p < .05$, $MSE = 2.55$. This result was of little interest since the goal of the analysis was to examine if the position of the intermediate bowl (when no longer in line with the body axis) influences dogs' search behaviours. Since the Position of the intermediate bowl effect and Position of the intermediate bowl x Pattern of elimination interaction failed to reach significance, the data for this factor were pooled for further analyses. A 2 (Position of the intermediate bowl: in line with body axis or no longer in line with the body) x 6 (Pattern of elimination) ANOVA with Position and Pattern as within-subjects factors, computed on the number of time each pattern was chosen, revealed a significant pattern of elimination effect, $F(5, 45) = 5.08$, $p < .001$, $MSE = 7.22$. Post-hoc comparisons (N.-K., $p < .05$) showed that pattern ILR was chosen more often than patterns LIR, LRI, RLI, RIL, but not IRL. Also, the pattern IRL was chosen more often than pattern LIR (see Table 3). Therefore, the dogs were more likely to empty the visible intermediate bowl first regardless of its absolute position.

Errors were also analyzed. The mean number of errors on the first block of six trials ($M = 9.30$, $SD = 1.43$) was compared to that on the last block of six trials ($M = 3.80$,

Decision Making and Visibility in Dogs

$SD = .09$). A statistical analysis revealed that there were less errors committed in the last six trials than in the first six trials, $t(9) = 3.84$, $p = .004$.

Finally a 3 (Position of the intermediate bowl: in line with body axis, placed on the left of body axis or placed on the right of body axis) x 2 (Moment: after 1st correct choice vs after 2nd correct choice) x 3 (Bowl: left, intermediate or right) ANOVA with Position, Moment and Bowl as within-subjects factors, computed on the number of errors, revealed a significant Position effect, $F(2, 18) = 6.24$, $p < .05$, $MSE = 5.41$, a significant Moment effect, $F(1, 9) = 51.15$, $p < .001$, $MSE = 4.80$, and a significant Bowl effect, $F(2, 18) = 13.40$, $p < .001$, $MSE = 5.90$. Post hoc analyses (N-K, $p < .05$) revealed that the dogs made more errors when the intermediate bowl was placed on the left of the body axis than when it was placed to the right of the body axis and in line with the body axis. Also, the dogs made more errors after the second correct choice than after the first correct choice. Finally, the dogs made more errors at the intermediate bowl than at the remaining external bowls, and made more errors at the right bowl than at the left bowl.

Discussion

The goal of Experiment 3 was to further clarify the role of low angular deviation between adjacent targets. The results revealed that the visibility rule was implemented regardless of the location of the distinct intermediate target, but that equivalent targets were not selected on a random basis. Therefore, the absolute position of the distinct

Decision Making and Visibility in Dogs

intermediate target is not a necessary condition for the systematic implementation of the visibility rule and random selection between equivalent targets. Overall, these results suggest that decreasing angular deviation between adjacent targets reduces cognitive flexibility (i.e., random selection) when selecting between equivalent targets.

General Discussion

The goal of the present study was to test the attentional hypothesis, specifically the assumption regarding the conflict between a distinct external target and the intermediate target. Dogs were administered a 3-choice PET to dogs in which the intermediate target was the distinct target. The data revealed that when angular deviation between adjacent targets was unequal, the selection between the equivalent targets was no longer random although the visibility rule was implemented. This was true whether the distinct intermediate target was visible or hidden and placed close to an external target (i.e., the intermediate target no longer in line with the body axis). This was also true when an external target was placed close to the distinct intermediate target that was hidden and in line with the body axis of the dog. But, when one of the external targets was located close to the distinct intermediate target that was in line with the body axis and visible, selection between the targets was random. Finally, the data revealed that the selection between equivalent targets was no longer random under conditions of low but constant angular deviation when controlling for the absolute position of the intermediate target.

Decision Making and Visibility in Dogs

The major finding of this study was that the selection between equivalent targets was no longer random when angular deviation between adjacent targets was unequal. That is, under such circumstances, the dogs relied on a single pattern of elimination when two different patterns could have been chosen.

The fact that the dogs took into account angular deviations in decision making has been reported in previous research. The results of a study conducted by Dumas and Dorais Pagé (2006) revealed that, when angular deviation was unequal between visible adjacent targets, dogs relied on divergence (i.e., chose the farthest target on the second choice) and exhibited a left position bias on the first choice. In another study, Dumas et al. (submitted) reported that when angular deviations between hidden targets were unequal, the dogs relied on divergence but did not exhibit a position bias. Lastly, LeBlanc and Dumas's study (in preparation, Experiment 3) revealed that when one of the external targets was distinct (e.g., being hidden while the intermediate target and other external target were visible) and angular deviations were unequal, the dogs did no longer randomly select between the two equivalent targets, selecting the intermediate target first. Taken together, the results of these studies, like those reported in our study, suggest that unequal angular deviation affects random selection between equivalent targets.

That being said, Dorais Pagé and Dumas's (2009) attentional hypothesis cannot explain why random selection between equivalent targets was constrained in our study. As was previously mentioned (see Introduction), the authors suggested that the external bowl effect (i.e., random selection between equivalent targets and/or the implementation of

Decision Making and Visibility in Dogs

the visibility rule being constrained) was linked to an attentional conflict between a distinct external target and the intermediate target. Accordingly, no conflict should have occurred in our study since the distinct target was always on the intermediate location. But that was not the case. Our results rather suggest that what we could refer to as the distinct internal bowl effect could be linked to some competition between categorical information (i.e., visibility) and metric information (i.e., unequal angular deviations) rather than an attentional conflict between a distinct external target and an intermediate target. One can speculate whether the external bowl effect observed in previous studies (i.e., Dorais Pagé & Dumas, 2009; LeBlanc & Dumas, in preparation) is also linked to competing information. But further research is needed in order to clarify this issue.

Our results also revealed that random selection between the equivalent targets was constrained under conditions of low but constant angular deviation when controlling for the intermediate position (Experiment 3). The findings of a study conducted by Dumas et al. (submitted) also revealed that low but constant angular deviations constrained random selection between three visible equivalent targets. Again, the attentional hypothesis cannot explain why random selection would be constrained under these conditions since the distinct target remained on the intermediate location and angular deviation was constant between adjacent targets. Once again, it seems that random selection was constrained by competing categorical (i.e., visibility) and metric (i.e., low angular deviation) sources of information in decision making.

Decision Making and Visibility in Dogs

Overall, it seems that both a distinct external target and a distinct intermediate target can modulate the random selection between equivalent targets. While the attentional hypothesis explained the external bowl effect in terms of an attentional conflict between a distinct target and an intermediate target, it cannot account for the distinct internal bowl effect observed under conditions of either unequal angular deviations or low but constant angular deviations.

In a recent study, Dumas et al. (submitted) suggested that there is a link between behavioral flexibility and cognitive load in a PET. Behavioral flexibility is crucial to animals' survival since it allows them to adapt to unknown and/or rapidly changing environments. In a PET, one could argue that animals demonstrate behavioral flexibility when randomly selecting between the targets. Dumas et al. (submitted) discussed how randomness entails flexibility and that animals should rely on random selection in the absence of any informational cues that activate a cognitive rule. In other words, random selection is the default model. They argued that when animals are in a situation in which informational cues are present (e.g., the visibility of the target) and activate a cognitive rule (e.g., the visibility rule), cognitive load increases which constrains decision-making and breaks down the default model as a decisional strategy (e.g., relying on the visibility rule instead of random selection). That is, there is a trade-off between behavioral flexibility and cognitive load: behavioral flexibility suffers as cognitive load increases. Not only does the flexibility/cognitive load trade-off hypothesis states that flexibility decreases as cognitive load increases, but also that animals may ignore relevant decisional criteria when cognitive load is high (e.g., situations in which there are too many relevant informational cues to assess) and revert

Decision Making and Visibility in Dogs

to the default model. In other words, the animals will revert to random selection under high cognitive load conditions.

Our findings revealed that visibility and angular deviation (unequal or low but constant) were informational cues that broke down the default model as a decisional strategy in a PET. According to the flexibility/cognitive load trade-off hypothesis, as informational cues increase, so does cognitive load. This makes it more difficult to implement the default model (i.e., random selection), thus reducing flexibility. But while flexibility was reduced in our study, the dogs were able to maintain some behavioural flexibility during the selection procedure. While angular deviation affected the selection of equivalent targets throughout the study, the dogs only relied on one pattern of elimination when angular deviation was unequal. In other words, behavioural flexibility seemed higher when angular deviation was low but constant. One could argue that this is an outcome of a flexibility and cognitive load trade-off. That is, low but constant distances between the adjacent targets angular did not place high-processing information demands during decision-making, as did unequal angular deviation. But one could also argue that given previous findings regarding the impact of visibility and angular deviation on decision-making, the dogs were simply making decisions based on the parameters that were manipulated. In other words, cognitive load levels were acceptable and therefore no trade-off between flexibility and cognitive load. However, this seems unlikely since the overall expression of behavioural flexibility seemed to vary depending on the type and amount of informational cues manipulated.

Decision Making and Visibility in Dogs

Our results also revealed that the dogs reverted to the default model under conditions of high cognitive load. The dogs randomly selected between the targets when many informational cues were presented such as visibility, unequal angular deviation and reduced angular deviation between the external targets were present in Experiment 2. One could argue that under these conditions, cognitive load was increased to such an extent that the animals ignored all relevant decisional parameters and relied on random selection. Again, these findings support the flexibility/cognitive trade-off hypothesis.

In summary, the distinct target does not have to be placed on an external position in order to modulate the implementation of the visibility rule and random selection of equivalent targets. Dorais Pagé and Dumas (2009) suggested that previous findings in a PET could partially be explained by an attentional conflict between the distinct target and the intermediate target. Our study rather suggests that animals' search behaviors in a PET are linked to a trade-off between behavioral flexibility and cognitive load.

Decision Making and Visibility in Dogs

REFERENCES

- Collier-Baker, E., Davis, J.M., & Suddendorf, T. (2004). Do dogs (*Canis familiaris*) understand invisible displacement? *Journal of Comparative Psychology*, *4*, 421-433.
- De Lillo, C., Aversano, M., Tuci, E., & Visalberghi, E. (1998). Spatial constraints and regulatory functions in monkeys' (*Cebus apella*) search. *Journal of Comparative Psychology*, *112*, 353-362.
- De Lillo, C., Visalberghi, E., & Aversano, M. (1997). The organization of exhaustive searches in a patchy space by capuchin monkeys (*Cebus apella*). *Journal of Comparative Psychology*, *111*, 82-90.
- Dorais Pagé, D., & Dumas, C. (2003). Strategy planning in cats (*Felis catus*) in a progressive elimination task. *Journal of Comparative Psychology*, *117*, 53-60.
- Dorais Pagé, D., & Dumas, C. (2009). Decision making and visibility in cats (*Felis catus*) in a progressive elimination task. *Animal Cognition*, *12*, 679-692.
- Dumas, C., & Dorais Pagé, D. (2006). Strategy planning in dogs (*Canis familiaris*) in a progressive elimination task. *Behavioural Processes*, *73*, 22-28.
- Dumas, C., & Doré, F.Y. (1989). Cognitive development in kittens (*Felis catus*): A cross-sectional study of object permanence. *Journal of Comparative Psychology*, *103*(2), 191-200.

Decision Making and Visibility in Dogs

- Dumas, C., & Doré, F.Y. (1991). Cognitive development in kittens (*Felis catus*): An observational study of object permanence and sensorimotor intelligence. *Journal of Comparative Psychology*, *105*(4), 357-365.
- Dumas, C., Laperlier, S., Guillou, C. et LeBlanc, J. (2018). The progressive elimination task in dogs (*Canis familiaris*): The case of divergence. *International Journal of Comparative Psychology*, *31*. Retrieved from <https://escholarship.org/uc/item/3h55m84v>
- Fiset, S., & LeBlanc, V. (2007). Invisible displacement understanding in domestic dogs (*Canis familiaris*): The role of visual cues in search behaviour. *Animal Cognition*, *10*, 211-224.
- Lachman, S. J. (1965). Behavior in a multiple-choice elimination problem involving five paths. *Journal of Psychology*, *61*, 193-202.
- LeBlanc, J. & Dumas, C. (in preparation). Decision making and visibility in dogs (*Canis familiaris*) in a progressive elimination task.
- Menzel, E. W. (1973). Chimpanzee spatial memory organization. *Science*, *182*, 943-945.
- Rogers, L. J. (2002). Lateralization in vertebrates: its early evolution, general pattern and development. In P.J.B. Slater, J. Rosenblatt, C. Snowdon, & T. Roper, (Eds.), *Advances in the study of behavior* (vol 31) (pp. 107-162). New York: Academic Press.
- Vallortigara, G. & Rogers, L. J. (2005). Possible evolutionary origins of cognitive brain lateralization. *Behavioral and Brain Sciences*, *28*, 575-633.

Decision Making and Visibility in Dogs

- Valsecchi, P., Bartolomucci, A., Aversano, M., & Visalberghi, E. (2000). Learning to cope with two different food distributions: The performance of house mice (*Mus musculus domesticus*). *Journal of Comparative Psychology*, *114*, 272-280.

AUTHOR NOTE

Jacinthe LeBlanc and Claude Dumas, Department of Psychology, Université du Québec à Montréal.

Support for the preparation of this article was provided by a research grant to Claude Dumas from the Natural Science and Engineering Research Council of Canada. The experiments received approval from the Comité de protection des animaux de l'Université du Québec à Montréal, which is responsible for the application and enforcement of rules of the Canadian Council on Animal Care. We thank the owners of the dogs who kindly volunteered these experiments. We also thank the members of our laboratory for their assistance in collecting data.

Correspondence concerning this article should be addressed to Jacinthe LeBlanc, Department of Psychology, Université du Québec à Montréal, C.P. 8888 Succ. C.V., Montréal, Que., H3C 3P8, Canada. E-mail: leblanc.jacinthe@uqam.ca

Decision Making and Visibility in Dogs

TABLE 1

*Post hoc comparisons regarding patterns of elimination (mean)
in Experiment 1.*

<i>Pattern of Elimination</i>	L-R-I (0.30)	R-L-I (0.60)	L-I-R (1.20)	R-I-L (4.40)	I-L-R (4.90)	I-R-L (6.60)
Intermediate bowl visible (n = 10)						
L-R-I	—			*	*	*
R-L-I		—		*	*	*
L-I-R			—	*	*	*
R-I-L				—		*
I-L-R					—	*
I-R-L						—

Decision Making and Visibility in Dogs

<i>Pattern of Elimination</i>	L-I-R (0.30)	I-R-L (1.40)	I-L-R (1.60)	R-I-L (2.30)	L-R-I (3.60)	R-L-I (8.80)
-------------------------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------

Intermediate bowl hidden (n = 10)

L-I-R	—				*	*
I-R-L		—				*
I-L-R			—			*
R-I-L				—		*
L-R-I					—	*
R-L-I						—

Note. * $p < 0.05$ in the Newman-Keuls multiple comparisons test.

TABLE 2

*Post hoc comparisons regarding patterns of elimination (mean)
in Experiment 2.*

<i>Pattern of Elimination</i>	I-R-L (1.10)	I-L-R (1.30)	L-I-R (1.80)	R-I-L (2.50)	L-R-I (4.10)	R-L-I (7.20)
Intermediate bowl hidden (n = 10)						
I-R-L	—				*	*
I-L-R		—			*	*
L-I-R			—			*
R-I-L				—		*
L-R-I					—	*
R-L-I						—

Note. * $p < 0.05$ in the Newman-Keuls multiple comparisons test.

TABLE 3

*Post hoc comparisons regarding patterns of elimination (mean)
in Experiment 3.*

<i>Pattern of Elimination</i>	L-I-R (2.90)	L-R-I (4.40)	R-L-I (4.60)	R-I-L (5.50)	I-R-L (8.80)	I-L-R (9.80)
Intermediate bowl visible (n = 10)						
L-I-R	—				*	*
L-R-I		—				*
R-L-I			—			*
R-I-L				—		*
I-R-L					—	
I-L-R						—

Note. * $p < 0.05$ in the Newman-Keuls multiple comparisons test.

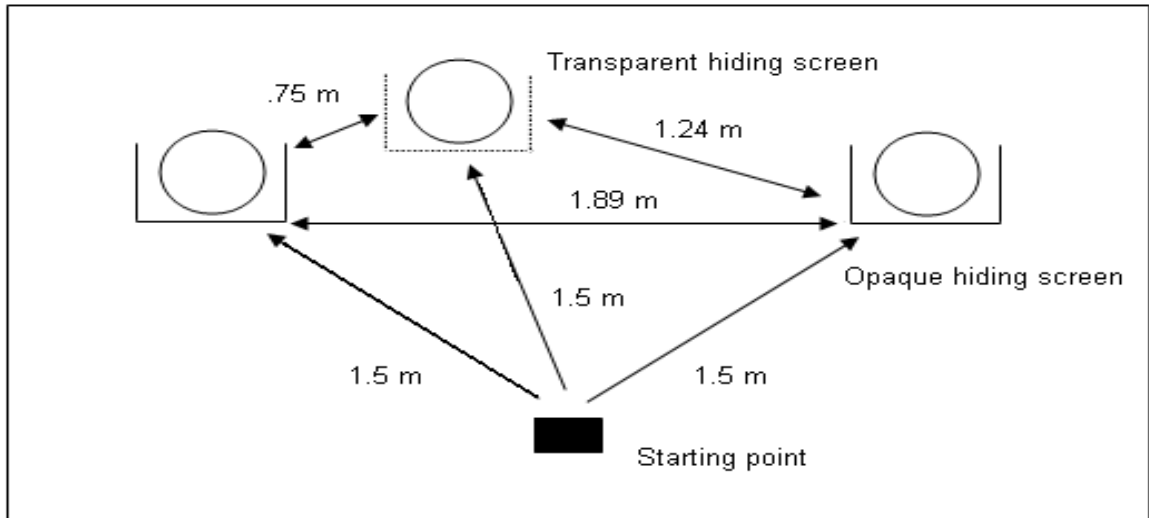
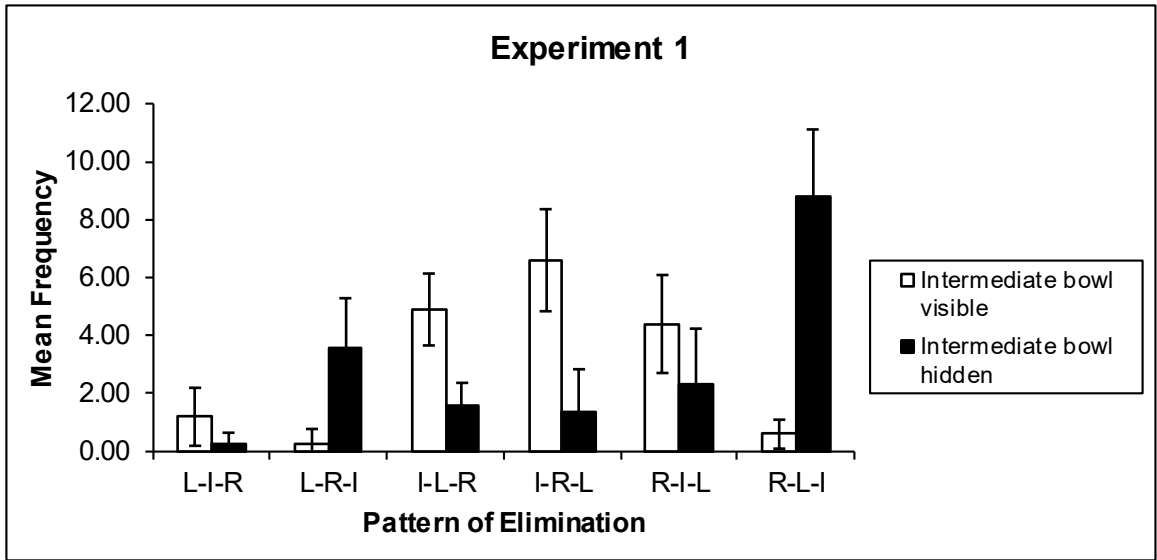
FIGURE CAPTIONS

Figure 1. A: A schematic representation of the spatial configuration of the baited bowls (L: left, I: intermediate, R: right) in Experiment 1. B: Mean number of times (and confidence interval) each pattern of elimination was chosen in Experiment 1 as a function of the position of the perceptually distinct intermediate bowl.

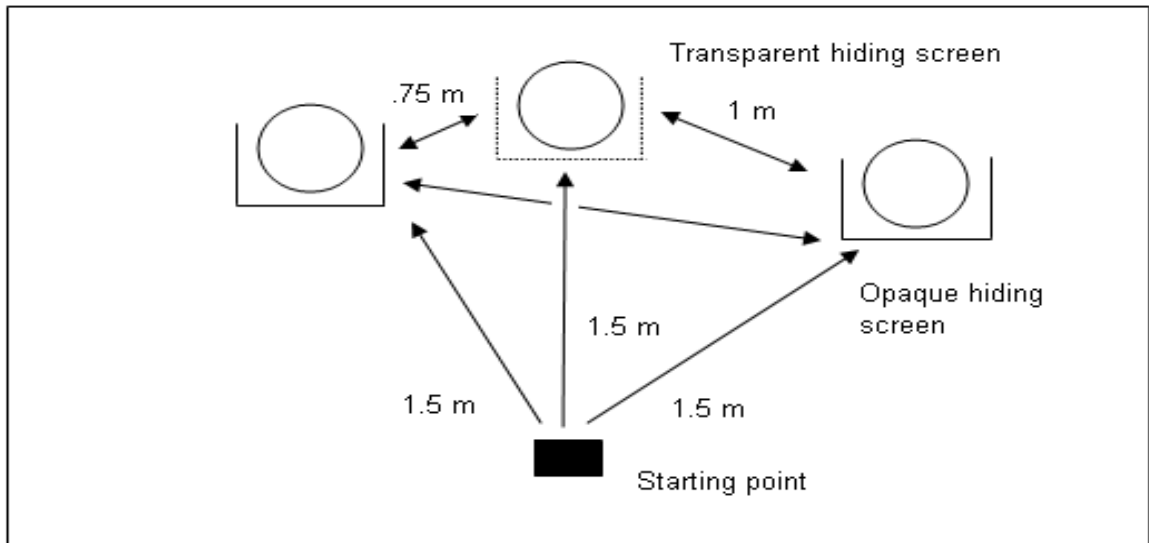
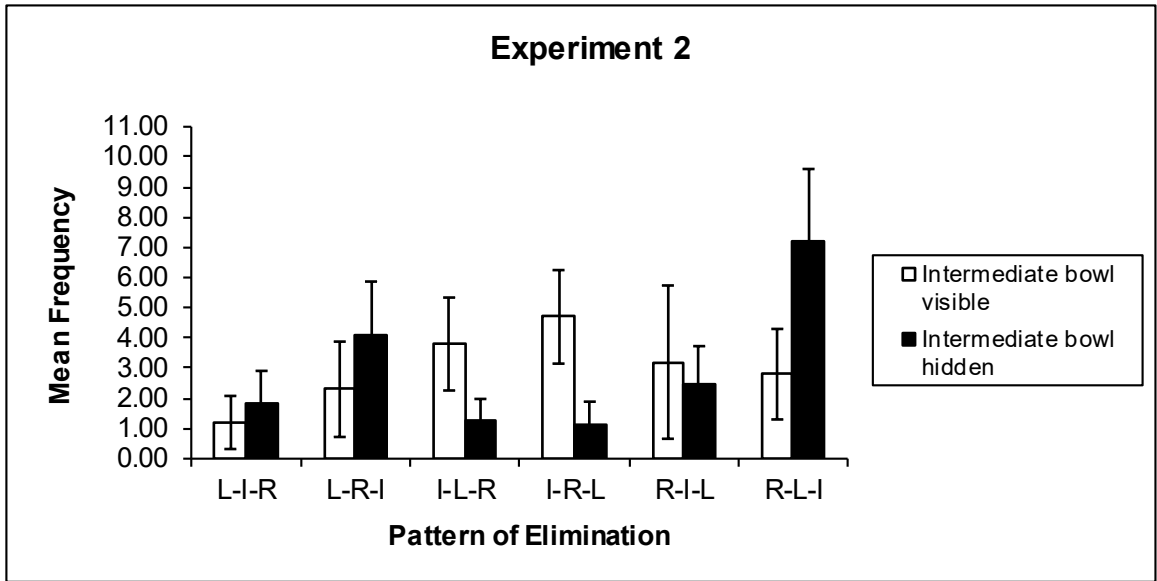
Figure 2. A: A schematic representation of the spatial configuration of the baited bowls (L: left, I: intermediate, R: right) in Experiment 2. B: Mean number of times (and confidence interval) each pattern of elimination was chosen in Experiment 2 as a function of the visibility of the distinct intermediate bowl.

Figure 3. A schematic representation of the spatial configurations of the baited bowls (L: left, I: intermediate, R: right) in Experiment 3. B: Mean number of times (and confidence interval) each pattern of elimination was chosen in Experiment 3 as a function of the position of the visible distinct intermediate bowl.

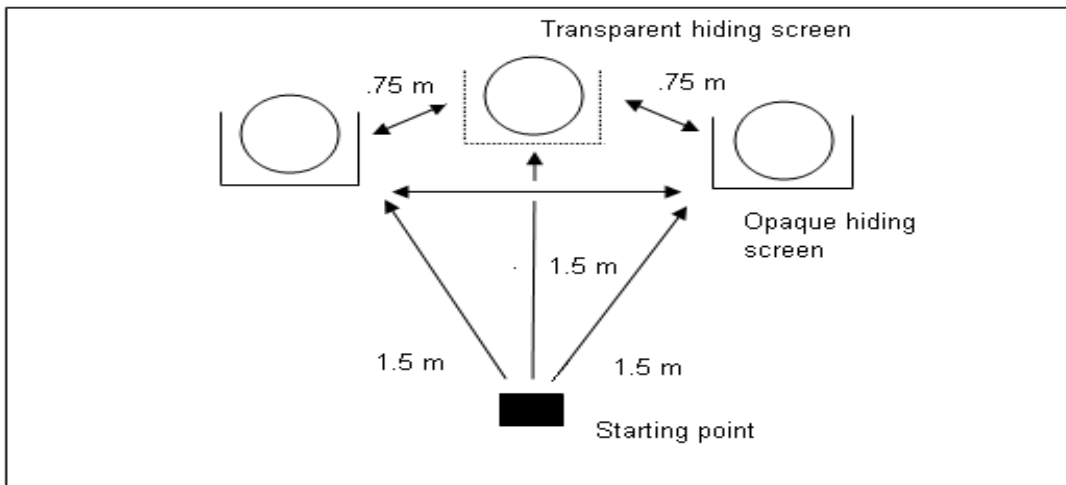
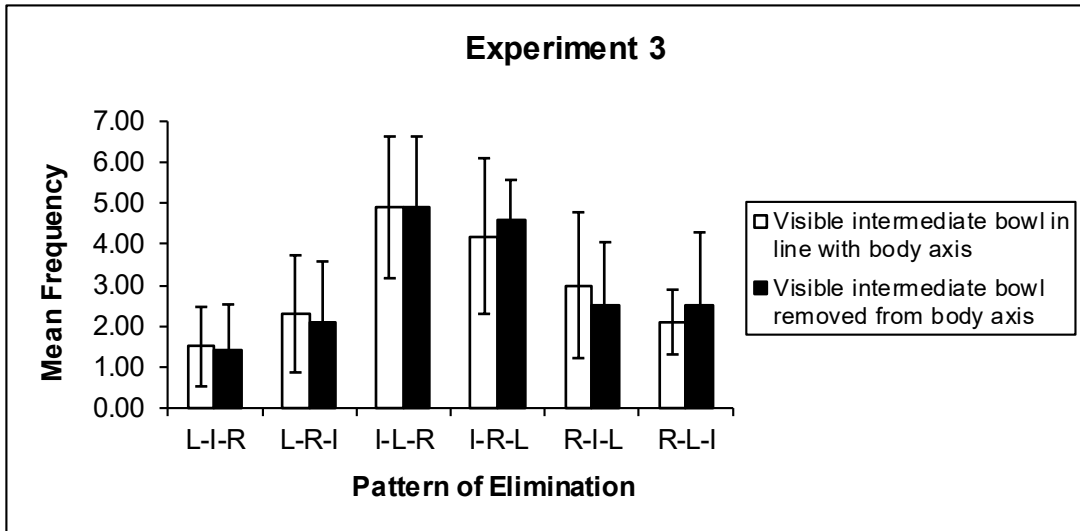
Decision Making and Visibility in Dogs



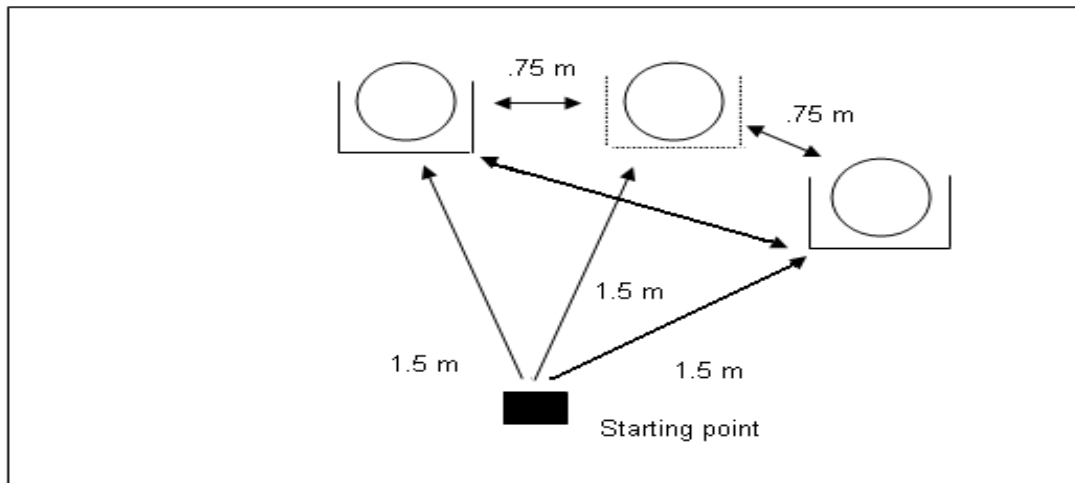
Decision Making and Visibility in Dogs



Decision Making and Visibility in Dogs



Decision Making and Visibility in Dogs



CONCLUSION

4.1. Résultats généraux des deux articles de thèse

La présente recherche avait pour objectif d'étudier la relation entre l'information catégorielle et l'information métrique dans la prise de décision chez un animal chasseur social; plus particulièrement examiner la nature de l'interaction entre la règle de la visibilité et la règle de la divergence ou déviation angulaire maximale. Pour ce faire, nous avons manipulé la visibilité des cibles, la déviation angulaire entre les cibles adjacentes ainsi que la position de la cible distincte dans une TEP à 3 choix comportant une cible cachée et deux cibles visibles ou l'inverse. Par ailleurs, rappelons que la règle de la visibilité veut que les chiens sélectionnent les cibles visibles en premier, tandis que la règle de la divergence veut que les chiens choisissent la cible la plus éloignée du choix précédent. De plus, l'utilisation de la divergence par les chiens dans une TEP est caractérisée par une sélection non-aléatoire aussi lors du premier choix, l'une des deux cibles externes étant systématiquement choisie en premier, du moins dans une TEP à 3 choix (Dumas et Dorais Pagé, 2006 ; Dumas, C., Laperlier, S., Guillou, C. et LeBlanc, J., 2018).

Nous avons deux types principaux d'essai. Dans le premier type d'essai, la cible distincte était en position intermédiaire (i.e., entre les deux cibles externes) en ligne ou non avec l'axe corporel du chien tandis que, dans le deuxième type d'essai, la cible distincte était en position externe (i.e., à gauche ou à droite).

Dans le premier type d'essai (i.e., la cible distincte en position intermédiaire) lorsque les angles de déviation entre les cibles adjacentes étaient grands et égaux, les chiens ont implémenté la règle de la visibilité et ont choisi au hasard entre les cibles équivalentes et ce, que la cible distincte ait été visible ou cachée. On peut alors supposer que dans ces deux cas seule la règle de la visibilité était activée. En effet, puisque les angles de déviation entre les cibles adjacentes étaient égaux et grands (i.e., 29°) la règle de la divergence n'a pas été activée ; Dumas et Dorais Pagé (2006 ; voir aussi Dumas et al., 2018) ayant montré que des angles de déviation de l'ordre de 30° n'activent pas la règle de divergence.

Dans ce premier type d'essai, nous avons également deux conditions où les angles de déviation étaient grands mais inégaux. Dans la condition où la cible intermédiaire était cachée, les deux cibles visibles étaient choisies en premier conformément à la règle de la visibilité. Les résultats ont aussi montré que les chiens ont choisi systématiquement la cible de droite en premier ; donc une sélection non-aléatoire entre deux cibles équivalentes, tel que prédit par la règle de la divergence. Ainsi, il semble que l'on puisse conclure à l'indépendance de ces deux règles décisionnelles ; il reste néanmoins qu'elles n'étaient pas vraiment en compétition. Dans la seconde condition, la cible intermédiaire distincte était visible (i.e., les deux cibles externes cachées) et les deux règles étaient en conflit, la règle de la visibilité prédisant comme premier choix la cible intermédiaire et la règle de la divergence l'une des deux cibles externes. Les résultats ont montré que les chiens ont sélectionné la cible intermédiaire en premier, montrant ainsi qu'ils ont privilégié la règle de la visibilité. Les chiens ont donc privilégié la règle de la visibilité à celle de la divergence lorsqu'elles étaient en conflit, ce qui est en

accord avec la littérature. Toutefois, les chiens auraient pu tout de même implanter la règle de la divergence lors du deuxième choix et choisir la cible externe cachée la plus éloignée de la cible intermédiaire visible choisie précédemment. Puisque la cible intermédiaire était située près de la cible à gauche pour la moitié des essais et près de celle à droite pour l'autre moitié des essais, la divergence prédit que la cible de gauche sera choisie aussi souvent que celle de droite au second choix. Cependant, nos données ont montré que les chiens choisissaient systématiquement la cible droite cachée. La règle de la divergence n'était pas appliquée au deuxième choix et il n'y avait pas non plus de sélection aléatoire entre les cibles équivalentes. Il faut en conclure que le conflit créé suite à l'activation de la règle de la visibilité et celle de la divergence crée une contrainte sur la prise de décision menant à une diminution de la flexibilité comportementale.

Jusqu'à présent, les données suggèrent que la divergence est activée par des angles de déviation inégaux entre les cibles adjacentes. Mais les angles de déviation entre les cibles adjacentes ont été rendus inégaux en diminuant la distance entre la cible intermédiaire et l'une ou l'autre des deux cibles externes. Il est donc possible que le manque de flexibilité en ce qui a trait à la sélection des cibles équivalentes soit lié à la distance absolue en soi entre ces deux cibles (i.e., 75 cm) et non aux angles de déviation inégaux. Comme ces facteurs étaient confondus dans les essais où la cible distincte était en position intermédiaire et que les angles de déviation étaient inégaux, on ne peut tirer des conclusions quant à leurs effets respectifs.

Afin de mieux comprendre l'impact des angles de déviation et de la distance absolue entre les cibles adjacentes, nous avons créé une condition où la cible distincte était visible et en position intermédiaire et dans lesquelles les angles de déviation étaient grands (i.e., 29°) et égaux mais où la distance entre les cibles adjacentes était de 75 cm comparativement à 1 mètre dans la condition initiale qui lui correspondait dans ce premier type d'essai. Les résultats ont montré que les chiens ont sélectionné la cible visible en premier, ce qui est conforme avec la règle de la visibilité. Nos résultats ont aussi montré qu'au second choix les chiens avaient tendance à choisir la cible gauche au lieu de choisir au hasard entre celle de gauche et celle de droite comme c'était le cas dans la condition initiale correspondante. Ces résultats suggèrent que diminuer la distance entre les cibles adjacentes réduit la flexibilité des comportements de recherche, notamment en ce qui a trait à la sélection des cibles équivalentes. Nos données vont dans le même sens que celles de Dumas et al. (2018) qui ont montré que lorsque les cibles étaient visibles et la distance entre les cibles adjacentes petite (i.e., 60 cm ou 80 cm) et constante, les chiens ont choisi la cible intermédiaire en premier tout comme les chiens dans notre étude lorsque les distances entre les cibles adjacentes étaient petites et constantes.

Dans le deuxième type d'essai la cible distincte était en position externe (i.e., à gauche ou à droite). Dans les deux premières conditions, les angles de déviation entre les cibles adjacentes étaient égaux et grands. Si on se fie aux données obtenues lorsque la cible distincte était en position intermédiaire et que les angles de déviation entre les cibles adjacentes étaient égaux et grands, on aurait pu s'attendre à ce que la règle de la visibilité soit implantée et la sélection des cibles équivalentes soit aléatoire. Or, ce ne

sont pas les résultats que nous avons obtenus. Nous avons observé un effet de la cible externe qui se manifestait de trois manières : 1) soit la règle de la visibilité était implantée mais la sélection des cibles équivalentes n'était plus aléatoire, 2) soit la règle de la visibilité était implantée au premier choix mais pas au deuxième choix, et 3) soit la règle de la visibilité n'était pas implantée et la sélection des cibles était aléatoire ou presque. Ainsi, il y avait une gradation de l'effet de la cible externe. De plus, l'effet de la cible externe était plus grand lorsque les deux cibles équivalentes étaient cachées et lorsque la cible distincte était à droite. Ainsi, il y avait une gradation de l'effet de la cible externe. De plus, l'effet de la cible externe était plus grand lorsque les deux cibles équivalentes étaient cachées et lorsque la cible distincte était à droite.

Ainsi, notre explication initiale voulant que de grands angles égaux ne permettent d'activer que la règle de la visibilité et une sélection aléatoire des cibles équivalentes ne convient pas pour rendre compte de l'effet de la cible externe.

Lorsque nous comparons une TEP où la cible distincte est à gauche ou à droite à une TEP où la cible distincte est à la position intermédiaire, nous constatons deux choses. Premièrement, nous constatons que la cible distincte n'est plus équidistante des deux autres cibles. Les angles de déviation entre la cible distincte et les deux cibles équivalentes deviennent inégaux, ce qui aurait pu activer la règle de la divergence. Cependant, nous préférons discuter de l'effet en termes de distances absolues inégales au lieu d'angles de déviation inégaux, puisque nos données ont montré que c'est la distance absolue et non la déviation angulaire qui diminue la flexibilité des comportements de recherche. Cela dit, l'effet de la cible externe pourrait être lié à

l'activation de deux règles cognitives. Dans les faits, les résultats ont montré que lorsque la cible externe distincte était cachée, les chiens ont sélectionné l'une ou l'autre des deux cibles visibles en premier (i.e., cible externe visible ou cible intermédiaire visible), ce qui est conforme à la règle de la visibilité mais pas à la divergence. Lors du deuxième choix, les chiens ont sélectionné soit la deuxième cible visible, soit la cible cachée ; ni l'une ni l'autre règle n'était donc pas respectée au deuxième choix. Lorsque la cible distincte externe était visible, les résultats ont montré que les chiens sélectionnaient la cible visible en premier, ce qui correspond à la règle de la visibilité et à la règle de la divergence. Lors du deuxième choix, les chiens avaient tendance à sélectionner la cible externe cachée au lieu de sélectionner aléatoirement entre les deux cibles cachées, ce qui est de fait conforme à la divergence. Mais, dans ce dernier cas, il est également possible que la sélection privilégiée de la cible externe cachée reflétait une contrainte dans la sélection aléatoire des cibles équivalentes liée à l'activation de deux règles décisionnelles.

Dans ce second type d'essai où la cible distincte était en position externe, nous avons aussi deux autres conditions où la cible distincte était en position externe mais où la cible intermédiaire était placée près de la cible externe correspondant à sa visibilité. Ainsi, la distance entre les cibles équivalentes était diminuée. Rappelons que, dans un tel dispositif spatial, lorsque toutes les cibles sont visibles les chiens utilisent la divergence et qu'ils choisissent systématiquement (i.e., biais) l'une des deux cibles externes (Dumas et Dorais Pagé, 2006 ; Dumas et al., 2018). Lorsque la cible externe distincte était visible, les résultats ont montré que les chiens n'implantaient ni la règle de la divergence, ni la règle de la visibilité et que, de façon générale, la sélection des

cibles était aléatoire ou presque aléatoire. Dans l'autre condition, c'est-à-dire lorsque la cible externe était cachée, nous avons obtenu des résultats semblables mais moins marqués. On peut en conclure que rapprocher les cibles équivalentes adjacentes accroît l'effet de la cible externe et encore plus lorsque les cibles équivalentes sont cachées. Par ailleurs, selon notre hypothèse de la distance inégale entre la cible distincte et les cibles équivalentes, on aurait pu s'attendre à ce que l'effet de la cible externe soit atténué lorsque les deux cibles équivalentes étaient rapprochées l'une de l'autre, puisque dans ce cas la différence de distance entre la cible distincte en position externe et chacune des deux cibles équivalentes était réduite, mais c'est le contraire qui s'est produit. Il est donc possible que le conflit soit relié non pas uniquement à la distance absolue entre la cible distincte et les deux cibles équivalentes rapprochées, mais aussi à la distance séparant les deux cibles équivalentes adjacentes. Cela reste à préciser (voir plus bas).

Deuxièmement, comparativement au cas où la cible distincte était en position intermédiaire, lorsqu'elle est en position externe nous constatons que les deux cibles équivalentes (i.e., la cible intermédiaire et l'autre cible externe) sont adjacentes. Il est alors possible que leur poids décisionnel se soit additionné, faisant en sorte qu'il ait été plus élevé que lorsque les cibles adjacentes étaient séparées par la cible distincte comme dans le premier type d'essais. Nos résultats ont montré que dans ces conditions, la règle de la visibilité était implantée plus souvent lorsqu'il y avait deux cibles visibles que lorsqu'il y avait deux cibles cachées, suggérant que le conflit entre la visibilité et la non-visibilité était plus fort lorsque les cibles équivalentes adjacentes étaient non-visibles.

Nous avons soulevé deux explications possibles concernant l'effet de la cible externe. D'une part, nous avons proposé que l'effet de la cible externe pourrait être lié aux distances inégales entre la cible distincte et les deux cibles équivalentes. Mais nous avons également soulevé la possibilité que la distance absolue entre les deux cibles équivalentes ait également contribué à l'effet observé. Quoiqu'il en soit, il est possible que ces deux facteurs aient contribué à l'effet de la cible externe. D'autre part, nous avons proposé que l'effet de la cible externe pourrait être lié au fait que les cibles équivalentes étaient adjacentes, ce qui augmenterait leur poids décisionnel. Nos données ont montré que l'effet provoqué par deux cibles équivalentes cachées était plus fort que celui provoqué par deux cibles équivalentes visibles. Nous pouvons conclure que ces deux facteurs ont contribué à l'effet de la cible externe et à la gradation de l'effet.

4.1.1. Interprétations théoriques

D'un point de vue théorique, quelques interprétations ont été proposées pour rendre compte de la performance dans une TEP. La première explication proposée fut l'hypothèse de la discrimination de Lachman (1965, 1969) qui stipule que plus la distance entre deux cibles est grande, plus il est facile pour l'animal de discriminer visuellement les cibles les unes des autres. Cette hypothèse fut proposée pour rendre compte du phénomène de la divergence dans une TEP. Mais il est peu probable que la divergence soit utilisée par les chiens pour faciliter la discrimination visuelle entre les cibles. En effet, Dumas et al. (2018) soulignent que dans leur étude même les plus petits angles de déviation utilisés (i.e., 11.5°) étaient nettement au-delà du seuil critique

minimal nécessaire permettant à cette espèce de discriminer visuellement les cibles les unes des autres.

Cette hypothèse de la discrimination a été reprise par Fabrigoule (1974) qui y ajouta une composante mnémonique. Dans cette version de l'hypothèse de la discrimination, Fabrigoule soulève le fait que pour résoudre la tâche, les animaux doivent se souvenir des cibles déjà visitées et que, plus il est facile de discriminer entre les cibles, plus il est facile de se souvenir des cibles visitées. Donc selon cette hypothèse, la grandeur des angles de déviation et le nombre de cibles utilisées peuvent moduler la charge mnémonique de la tâche.

Cependant, Dumas et al. (2018) ont montré que les chiens utilisaient la divergence même lorsque les angles de déviation entre les cibles adjacentes étaient grands et égaux dans une TEP à 3 choix, ce que la version mnémonique de l'hypothèse de la discrimination ne peut expliquer. Il faut souligner par contre que, dans cette étude, les cibles étaient cachées. Dans sa version de l'hypothèse de la discrimination, Fabrigoule n'a pas inclus le facteur de la visibilité. Cela dit, si nous supposons que cacher les cibles augmente la charge mnémonique (voir Dumas et al. 2006), on peut alors supposer que des cibles cachées peuvent activer la règle de la divergence. Cependant, la version mnémonique de l'hypothèse de la discrimination suppose également qu'une augmentation de la charge mnémonique fait augmenter le taux d'erreurs, ce qui n'a pas été observé dans l'étude de Dumas et al. (2018) ni dans notre étude.

Une troisième explication proposée pour rendre compte de la performance des animaux dans une TEP est l'hypothèse attentionnelle de Dorais Pagé et Dumas (2009) qui stipule que la cible intermédiaire et la cible distincte attireraient l'attention de l'animal dans une TEP. Lorsque la cible distincte est en position intermédiaire, il n'y a aucun conflit attentionnel puisque les deux sources d'information se chevauchent. Mais lorsque la cible distincte est en position externe, il y a un conflit attentionnel faisant en sorte que l'animal doit partager son attention entre la cible intermédiaire et la cible distincte. Cette hypothèse fut proposée pour rendre compte de l'effet de la cible externe. Selon cette hypothèse, il ne devrait pas y avoir de conflit lorsque la cible distincte est en position intermédiaire. Cependant, nos données ont montré qu'un effet similaire à celui de la cible externe se produisait même lorsque la cible distincte était en position intermédiaire ce que l'hypothèse attentionnelle ne peut expliquer.

Jusqu'à présent, aucune des interprétations proposées ne semble pouvoir rendre compte de l'ensemble des effets observés qu'une seule règle ait été activée ou que deux règles décisionnelles aient été activées et soient en compétition.

Plus récemment, Dumas et al. (2018) ont proposé une interprétation de la performance des chiens dans une TEP faisant appel à un compromis entre la flexibilité des comportements de recherche et la charge cognitive. Cette explication est fondée sur la prémisse que la sélection aléatoire des cibles serait le modèle par défaut chez les animaux, ce qui implique une flexibilité comportementale. L'animal évalue et compare les différentes valeurs associées à un paramètre donné et si aucune inégalité n'est détectée, aucune règle décisionnelle n'est activée et les animaux utilisent le modèle par

défaut comme stratégie de recherche. Cependant, si une inégalité est détectée pour un paramètre donné, la règle décisionnelle correspondante est activée (e.g., la règle de la visibilité). L'activation de règles cognitives augmenteraient la charge cognitive et produiraient une contrainte sur la flexibilité comportementale et la prise de décision. Dans ces conditions, le modèle par défaut ne constitue plus la stratégie de recherche privilégiée. Finalement, lorsque la charge cognitive devient trop lourde et dépasse le seuil critique maximal de l'animal, celui-ci ne tiendrait plus compte des paramètres décisionnels et reviendrait au modèle par défaut.

Cette hypothèse du compromis flexibilité/charge cognitive a été formulée pour rendre compte de la divergence dans une TEP. Selon cette hypothèse, la règle de la divergence serait activée lorsque la charge cognitive associée à la tâche atteint un seuil critique minimal pour l'animal. Par exemple, rendre les angles de déviation inégaux entre les cibles adjacentes dans une TEP pourrait augmenter la charge cognitive et activer la règle de la divergence, diminuant la flexibilité des comportements de recherche (i.e., sélection aléatoire). Par contraste, lorsque les angles de déviation entre les cibles adjacentes sont grands et égaux, la charge cognitive de la tâche serait moins lourde et pourrait expliquer pourquoi les chiens sélectionnent aléatoirement les cibles.

L'hypothèse du compromis flexibilité/charge cognitive pourrait certainement rendre compte de la performance des animaux dans une TEP, puisque la charge cognitive n'est pas liée spécifiquement à un type de facteurs en particulier. Dans notre étude, nous avons identifié un ensemble de facteurs (e.g., la position de la cible distincte, la visibilité des cibles équivalentes, les angles de déviation inégaux et la distance absolue

entre les cibles adjacentes) qui peuvent faire augmenter la charge cognitive. De plus, nous avons constaté que l'interaction de ces facteurs augmentaient la charge cognitive, limitant la flexibilité des comportements de recherche. Lorsque la charge cognitive était trop lourde pour les chiens, ils revenaient au modèle par défaut (i.e., sélection aléatoire).

D'autres chercheurs qui ont examiné la présence de compromis chez les animaux ont souligné l'importance de faire des compromis entre la vitesse et la précision des décisions prises du point de vue de la survie de l'animal (voir Chittka, Skorupski et Raine, 2009).

4.1.2. Apports et limites de la thèse

Un des apports de la présente thèse est la contribution empirique liée à l'utilisation de règles simples et l'impact dans la prise de décision de ces règles lorsqu'elles interagissent. Nos données ont montré que l'activation de deux règles décisionnelles diminuaient la flexibilité des comportements de recherche. Nous avons également mis en évidence le fait que réduire la distance entre les cibles adjacentes diminue la flexibilité des comportements de recherche même si la déviation angulaire est grande et égale. Dans ces conditions, les chiens sélectionnent la cible intermédiaire visible en premier mais ne sélectionnent pas aléatoirement entre les cibles équivalentes cachées. Ce résultat suggère qu'il pourrait y avoir un seuil critique minimal d'environ 1 mètre pour que la sélection des cibles équivalentes soit aléatoire.

Nos données ont également permis de mettre en évidence la robustesse de certains phénomènes comme la règle de la visibilité et l'effet de la cible externe. Les chiens ont implanté la règle de la visibilité et ont choisi au hasard entre les cibles équivalentes sous les mêmes conditions expérimentales que les chats (Dorais Pagé et Dumas, 2009). Aussi, on observe le même effet de la cible externe que celui observé dans l'étude de Dorais Pagé et Dumas. Comme ce fut le cas pour les chats, l'effet était plus prononcé lorsque la cible distincte était la cible droite visible. Mais la comparaison que nous pouvons effectuer entre les chiens et les chats est limitée, puisque nous avons seulement reproduit la condition initiale de Dorais Pagé et Dumas (2009) dans laquelle il y avait une cible distincte et où les angles de déviation entre les cibles adjacentes étaient grands et égaux.

Par ailleurs, nos données soulèvent la question de savoir comment l'information catégorielle et l'information métrique sont traitées dans une TEP. Nos données ont non seulement montré que les animaux privilégiaient l'information catégorielle à l'information métrique, mais aussi que les effets reliés à ces deux types d'information semblaient s'additionner, tout comme chez le chat (voir Dumas et al., 2006). Le fait qu'une règle décisionnelle catégorielle puisse s'additionner aux règles décisionnelles métriques suggère que ces deux types d'information sont ramenés à un dénominateur commun. Ça soulève la question de savoir si l'information métrique est traitée comme de l'information catégorielle ou l'inverse. Dans une étude menée par Holden, Newcombe et Shipley (2015) utilisant une tâche de reconnaissance à quatre choix de réponses dans laquelle les participants devaient se rappeler de l'emplacement d'un point jaune sur une image d'un paysage quelconque, il a été proposé que l'information

métrique qui se dégrade et devient une source d'information incertaine puisse être combinée à de l'information catégorielle lors de la récupération. Selon les auteurs, ceci implique que l'information catégorielle est utilisée pour ajuster les estimations métriques imprécises. Compte tenu de cette relation entre ces deux types d'information, il est possible que dans notre tâche les chiens ont ramené l'information catégorielle et l'information métrique à un dénominateur commun de nature catégorielle. Par conséquent, les distances absolues entre les cibles adjacentes auraient pu être étiquetées comme étant petites ou grande et les angles de déviation comme étant égaux ou inégaux. Mais de futures recherches sont nécessaires pour clarifier ce point.

Une limite de la présente thèse est le fait que nous avons utilisé une TEP à 3 choix pour examiner l'interaction entre la règle de la visibilité et la règle de la divergence. Une TEP à 3 choix permet seulement d'observer la divergence lors du deuxième choix, ce qui limite les conclusions que nous pouvons tirer. Lorsque la visibilité et la divergence étaient en compétition dans notre étude, ce n'était pas clair si le deuxième choix de l'animal correspondait à la divergence ou une contrainte au niveau de la sélection aléatoire des cibles équivalentes. Une TEP à 4 choix permettraient de mieux clarifier ces résultats. Dans ce sens on peut aussi mentionner que la distance entre le point de départ et les cibles ainsi que celle entre les cibles adjacentes utilisées dans notre étude étaient restreintes et il est justifiable de se demander si les résultats obtenus peuvent se généraliser à des distances plus grandes.

Finalement, bien qu'il ne s'agisse en soi d'une limite de la thèse étant donné l'objectif fixé au départ, les résultats obtenus n'ont pas permis de clarifier pourquoi l'effet de la

cible externe est plus fort lorsque la cible distincte est à droite plutôt qu'à gauche. Dorais Pagé et Dumas (2009) ont interprété cette différenciation en terme de latéralisation hémisphérique. D'autres recherches sont nécessaires pour clarifier ce point.

4.2. Conclusion

En conclusion, la présente thèse a permis d'examiner l'impact de la visibilité et de la déviation angulaire lorsque ces deux paramètres interagissent dans la prise de décision. L'utilisation de la TEP nous a permis de répondre à l'objectif de la recherche doctorale et d'effectuer une comparaison indirecte entre le chien, un chasseur social et le chat, un chasseur solitaire. Cette tâche possède donc une bonne valeur heuristique.

BIBLIOGRAPHIE

Bell, D.E., Raiffa, H. et Tversky, A. (1988). « Descriptive, normative, and prescriptive interactions in decision making ». Dans *Decision Making : Descriptive, Normative and Prescriptive Interactions*. Bell, D.E., Raiffa, H. et Tversky, A. (Eds.). Cambridge : University Press, 623p.

Bélorgey, P. (2017). *Prise de décisions : gare aux biais cognitifs!* Consulté à l'adresse <https://www.efficaciteprofessionnelle.fr/2017/04/03/prise-de-decision-gare-aux-biais-cognitifs/>

Bradbury, J.W., & Vehrencamp, S.L. (2011). *Principles of animal communications* (2nd edition). Sunderland : Sinauer.

Briggs, R. (2017). « Normative Theories of Rational Choice : Expected Utility », *The Stanford Encyclopedia of Philosophy* (Spring Edition), Edward N. Zalta (ed.). <https://plato.stanford.edu/archives/spr2017/entries/rationality-normative-utility/>

Cadet, B. et Chasseigne, G. (2009). *Psychologie du jugement et de la décision : des modèles aux applications*. Bruxelles : De boeck, 467 p.

Chapuis, N., Thinus-Blanc, C., et Poucet, B. (1983). Dissociation of mechanisms involved in dogs' oriented displacements. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 35(B), 213-219.

Chittka, L., Skorupski, P., et Raine, N.E. (2009). Speed-accuracy tradeoffs in animal decision making. *Trends in Ecology and Evolution*, 24(7), 400-407.

- Collier-Baker, D., Davis, J.M. et Suddendorf, T. (2004). Do dogs (*Canis familiaris*) understand invisible displacement? *Journal of Comparative Psychology*, 118(4), 421-433.
- Corneille, O. (2010). «Chapitre 2. Les heuristiques : l'influence des raccourcis de jugement dans la persuasion et la prise de décision ». Dans : *Nos préférences sous influences. Déterminants psychologiques de nos préférences et choix, sous la direction de Corneille Olivier*. Wavre, Mardaga, «PSY-Individus, groupes, culture », p. 31-59. URL : <https://www.cairn.info/nos-preferences-sous-influences--9782804700317-page-31.htm>
- Coskunoglu, O. et Weber, E.U. (1989). « A synthesis of descriptive and prescriptive models for decision making ». Dans : *Operational Research and the Social Sciences*. Jackson M.C., Keys P., Cropper S.A. (eds) *Operational Research and the Social Sciences*. Boston, MA : Springer
- Crannell, C. W. (1942). The choice point behavior of rats in a multiple path elimination problem. *The Journal of Psychology*, 13, 201-222.
- De Lillo, C., Aversano, M., Tuci, E., et Visalberghi, E. (1998). Spatial constraints and regulatory functions in monkeys' (*Cebus apella*) search. *Journal of Comparative Psychology*, 112(4), 353-362.
- De Lillo, C., Visalberghi, E., et Aversano, M. (1997). The Organization of Exhaustive Searches in a Patchy Space by Capucin Monkeys (*Cebus apella*). *Journal of Comparative Psychology*, 111(1), 82-90.
- Dennis, W. (1939). Spontaneous alternation in rats as an indicator of the persistence of stimulus effect. *Journal of Comparative Psychology*, 28, 305-312.

- Diaye, M. (2001). Sur la définition du choix rationnel dans le cas de préférences dépendant du contexte. *Revue économique*, vol. 52(1), 17-33. doi:10.3917/reco.521.0017.
- Dillon, S. (1998). Descriptive decision making : comparing theory with practice. In 33rd Annual Operational Research Society of New Zealand Conference (pp. 99-108). Conference held at Auckland.
- Dorais Pagé, D. et Dumas, C. (2003). Strategy Planning in Cats (*Felis catus*) in a Progressive Elimination Task. *Journal of Comparative Psychology*, 117(1), 53-60.
- Dorais Pagé, D. et Dumas, C. (2009). Decision making and visibility in cats (*Felis catus*) in a progressive elimination task. *Animal Cognition*, 12, 679-692.
- Doré, F. Y., Fiset, S., Goulet, S., Dumas, M-C., & Gagnon, S. (1996). Search behavior in cats and dogs : interspecific differences in working memory and spatial cognition. *Animal Learning & Behavior*, 24, 142-149.
- Dukas, R. (Ed) (1998). *Cognitive ethology. The evolutionary ecology of information processing and decision making*. Chicago : The University of Chicago Press.
- Dumas, C. (2000). Object permanence in cats (*Felis catus*) : An ecological approach to the study of invisible displacement. *Journal of Comparative Psychology*, 106, 404-410.
- Dumas, C. et Dorais Pagé, D. (2006). Strategy Planning in Dogs (*Canis familiaris*) in a Progressive Elimination Task. *Behavioural Processes*, 73, 22-28.
- Dumas, C. & Doré, F.Y. (1989). Cognitive development in kittens (*Felis catus*) : A cross-sectional study of object permanence. *Journal of Comparative Psychology*, 103(2), 191-200.

- Dumas, C., & Doré, F.Y. (1991). Cognitive development in kittens (*Felis catus*) : An observational study of object permanence and sensorimotor intelligence. *Journal of Comparative Psychology*, 105(4), 357-365.
- Dumas, C., Laperlier, S., Guillou, C. et LeBlanc, J. (2018). The progressive elimination task in dogs (*Canis familiaris*) : The case of divergence. *International Journal of Comparative Psychology*, 31. Retrieved from <https://escholarship.org/uc/item/3h55m84v>
- Dumas, C., St-Louis, B., et Routhier, L. (2006). Decision-Making and Interference in the Domestic Cat (*Felis catus*). *Journal of Comparative Psychology*, 4, 367-377.
- Fabrigoule, C. (1974). Recherches expérimentales sur l'apprentissage spatial chez le chien domestique. *Cahiers de psychologie*, 17, 91-110.
- Fantino, E. (2012). Optimal and non-optimal behavior across species. *Comparative Cognition and Behavior Reviews*, 7, 44-54.
- Fiset, S., & LeBlanc, V. (2007). Invisible displacement understanding in domestic dogs (*Canis Familiaris*) : the role of visual cues in search behaviour. *Animal Cognition*, 10, 211-224.
- Fletcher, H. J. (1965). The delayed response problem. In A.M. Schrier, H.F. Harlow, & Stollinz (Eds). *Behavior of nonhuman primates*, voll (pp. 129-165). New York : Academic Press.
- Gibson, K. R. (1990). New perspectives on instincts and intelligence : Brain size and the emergence of hierarchical mental constructional skills. In S. T. Parker & K. R. Gibson (Eds.), *Language and intelligence in monkeys and apes*, 97-128. Cambridge, England : Cambridge University Press.

- Goldstein, D. G., & Gigerenzer, G. (2002). Models of ecological rationality : The recognition heuristic. *Psychological Review*, 109(1), 75–90.
- Ha, R.R. (2010). Cost–Benefit Analysis. In : Breed M.D. and Moore J., (eds.), *Encyclopedia of Animal Behavior*, 1, 402-405. Oxford : Academic. Press.
- Holden, M.P., Newcombe, N.S., et Shipley, T.F. (2015). Categorical biases in spatial memory : The role of certainty. *Journal of Experimental Psychology : Learning, Memory and Cognition*, 41(2), 473-481.
- Kahneman, D. et Tversky, A. (1979). Prospect theory : An analysis of decision under risk. *Econometrica*, 47(2), 263-291.
- Lachman, S.J., et Brown, C. R. (1957). Behaviour in a free-choice multiple-path elimination problem. *Journal of Psychology*, 43, 27-40.
- Lachman, S. J. (1965). Behaviour in a multiple-choice elimination problem involving five paths. *Journal of Psychology*, 61, 193-202.
- Lachman, S. J. (1969). Behaviour in a three-path multiple-choice elimination problem under conditions of overtraining. *Journal of Psychology*, 73, 102-109.
- McDonald, S. E. (1994). Gorillas' (*Gorilla gorilla gorilla*) spatial memory in a foraging task. *Journal of Comparative Psychology*, 108, 107-113.
- McDonald, S.E., et Wilkie, D.M. (1990). Yellow-nosed monkeys' (*Cercopithecus asanisu whitesidei*) memory in a stimulated foraging environment. *Journal of Comparative Psychology*, 104, 382-387.

- McFall, J.P. (2015). Rational, normative, descriptive, prescriptive or choice behaviours? The search for integrative metatheory of decision-making. *Behavioral Development Bulletin*, 20(1), 45-59.
- Menzel, E. W. (1973). Chimpanzee Spatial Memory Organization. *Science*, 82, 943-945.
- Muenzinger, K. F. (1938). Vicarious trial and error at a point of choice : I. A general survey of its relation to learning efficiency. *The Pedagogical Seminary and Journal of Genetic Psychology*, 53, 75–86.
- Over, D. (2004). »Rationality and the Normative/Descriptive Distinction». Dans : Koehler, D.J., et Harvey, N. (Eds.). *Blackwell Handbook of Judgment and Decision Making*. Malden MA : Blackwell Publishing Ltd.
- Poucet, B., Buhot-Averseng, M.C., & Thinus-Blanc, C. (1983a). Food-searching behavior in cats in a multiple-choice elimination problem. *Learning and Motivation*, 14, 140–153.
- Poucet, B., Thinus-Blanc, C., et Chapuis, N. (1983b). Route planning in cats, in relation to the visibility of the goal. *Animal Behavior*, 31, 594-599.
- Rakow, T. (2010). Risk, uncertainty and prophet : The psychological insights of Frank H. Knight. *Judgment and Decision Making*, 5(6), 458-466.
- Reed, S. K. (2011). *Cognition : Théories et applications*. 3e édition. Bruxelles : De boeck.

- Roberts, W. A., et Dale, R.H. (1981). Remembrance of places lasts : Proactive inhibition and patterns of choice in rat spatial memory. *Learning and Motivation*, 12, 261-281.
- Rogers, L. J. (2002). Lateralization in vertebrates : its early evolution, general pattern and development. In P.J.B. Slater., J. Rosenblatt, C. Snowdon, & T. Roper, (Eds.), *Advances in the study of behavior* (vol 31) (pp. 107-162). New York : Academic Press.
- Rovee-Collier, C., Hankins, E., Bhatt, R. (1992). Textons, visual pop-out effect, and object recognition in infancy. *Journal of Experimental Psychology : General*, 121(4), 435-445.
- Shettleworth, S. J. (2001). Animal cognition and animal behaviour. *Animal Behaviour*, 61, 277-286.
- Sih, A. (2013). »A behavioral ecology view of decision making : Something old, something borrowed, something new ». Dans : Zentall, T. R. et Crowley, P.H. (Eds.). *Comparative Decision Making*, 243-267. Oxford University Press.
- Simon, H. A. (1955). A behavioral model of rational choice. *The Quarterly Journal of Economics*, 69(1), 99-118.
- Tolman, E. C. (1925). Purpose and cognition : the determiners of animal learning. *Psychological Review*, 32, 285-297.
- Tolman, E. C. (1948). Purpose and cognition : the determiners of animal learning. *Psychological Review*, 32, 285-297.

Vallortigara, G., Rogers, L.J. (2005). Possible evolutionary origins of cognitive brain lateralization. *Behavioral and Brain Sciences*, 28, 575-633.

Valsecchi, P., Bartolomucci, A., Aversano, M., et Visalberghi, E. (2000). Learning to Cope with Two Different Food Distributions : The Performance of House Mice (*Mus musculus domesticus*). *Journal of Comparative Psychology*, 114(3), 272-280.

Yoerg, S.L., et Kamil, A.C. (1982). Response strategies in the radial arm maze : Running around in circles. *Animal Learning and Behaviour*, 10, 530-534.

Zentall, T.R. (2016). Resolving the paradox of suboptimal choice. *Journal of Experimental Psychology : Animal Learning and Cognition*, 42(1), 1-14.