

UNIVERSITÉ DU QUÉBEC À MONTRÉAL

L'ÉTUDE DE LA DIVERGENCE CHEZ LE CHIEN DOMESTIQUE

ESSAI DOCTORAL

PRÉSENTÉ

COMME EXIGENCE PARTIELLE

DU DOCTORAT EN PSYCHOLOGIE

PAR

STÉPHANIE LAPERLIER

NOVEMBRE 2013

UNIVERSITÉ DU QUÉBEC À MONTRÉAL
Service des bibliothèques

Avertissement

La diffusion de cet essai doctoral 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.01-2006). 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 souhaite tout d'abord remercier du fond du cœur mon directeur Claude Dumas pour sa présence, son encadrement irréprochable, et surtout pour sa patience infinie, qui ont permis la réalisation de cet essai.

Ensuite, j'aimerais remercier les propriétaires des chiens qui ont été les sujets de mon étude, pour leur temps et leur patience lors des séances à domicile.

Je remercie également mes assistants de recherche pour leur grande aide, en particulier mes collègues Ariane Grisé-Blais et Caroline Tourangeau pour leur dévouement et leur disponibilité. Sans oublier un merci spécial à Jacinthe LeBlanc pour m'avoir initiée au « testing de chiens »!

Aussi, je dois en grande partie l'aboutissement de mon parcours doctoral et de cet essai au soutien indéfectible de mon conjoint et de mes amis. Merci à tous!

Pour terminer, je désire dédier cet essai à mes parents, qui m'ont soutenue non seulement durant mon parcours académique, mais bien durant toute ma vie, et dans tout ce que j'ai entrepris. Maman et papa, votre amour inconditionnel a été la constante sur laquelle j'ai toujours pu compter à travers les montagnes russes que constitue le parcours doctoral! Merci pour tout.

TABLE DES MATIÈRES

LISTE DES FIGURES.....	iv
LISTE DES TABLEAUX.....	v
RÉSUMÉ	vi
INTRODUCTION	1
CHAPITRE I	
L'ÉTUDE DE LA DIVERGENCE.....	3
1.1. Les premières études.....	3
1.2 Les études récentes.....	6
1.3 Objectifs de l'étude	12
CHAPITRE II	
EXPÉRIENCE 1	13
2.1. Méthodologie	14
2.2 Résultats	20
2.3 Discussion	29
CHAPITRE III	
EXPÉRIENCE 2	32
3.1 Méthodologie	34
3.2 Résultats	38
3.3 Discussion	44
CHAPITRE IV	
DISCUSSION GÉNÉRALE.....	49
CONCLUSION	58
APPENDICE A	
EXPÉRIENCE 1 : CALCUL DES SCORES DE DIVERGENCE POUR LES 24 PATRONS D'ÉLIMINATION POUR LES QUATRE CONDITIONS.....	61
RÉFÉRENCES.....	66

LISTE DES FIGURES

Figure		Page
2.1	Condition 1.....	15
2.2	Condition 2.....	16
2.3	Condition 3.....	17
2.4	Condition 4.....	17
2.5	Choix successifs corrects possibles pour chacune des conditions.....	21
2.6	Modèle théorique aléatoire.....	24
3.1	Condition 1, variantes 1 et 2.....	35
3.2	Condition 2, variantes 1 et 2.....	36
3.3	Condition 3, variantes 1 et 2.....	37
3.4	Condition 1 : unités de divergence.....	39

LISTE DES TABLEAUX

Tableau		Page
2.1	Distances réelles entre les choix corrects successifs et leurs unités de divergence correspondantes.....	22
2.2	Regroupement des scores de divergence possibles en cinq niveaux pour chaque condition.....	24
2.3	Statistiques descriptives des données réelles et des données transformées en fonction de la condition et du niveau de divergence....	26
2.4	Statistiques descriptives des erreurs selon la condition et la position de bols.....	28
2.5	Statistiques descriptives du ratio d'erreurs par niveau de divergence...	29
3.1	Scores de divergence et distance réelle pour chaque patron d'élimination dans la condition 1.....	39
3.2	Résultats sur 10 essais et données transformées.....	40
3.3	Statistiques descriptives des erreurs selon la position des bols.....	41
3.4	Statistiques descriptives des ratios d'erreurs selon le niveau de divergence.....	42
3.5	Statistiques descriptives du nombre d'erreurs selon la condition et le groupe.....	43
3.6	Nombre d'erreurs effectuées par chaque sujet selon la condition et le groupe.....	43

RÉSUMÉ

Dans le comportement de recherche de nourriture, les animaux ont recours à des règles cognitives, comme la moindre distance (choisir la cible la plus proche de la dernière visitée). Il existe une autre règle, celle de la divergence (choisir la cible la plus éloignée de la dernière visitée), ayant été observée chez diverses espèces dont le rat (Lachman et Brown, 1952; Lachman, 1965, 1969), le chat (Poucet, Buhot-Averseng et Thinus-Blanc, 1983) et le chien (Fabrigoule, 1974; Dumas et Dorais-Pagé, 2006), et pour laquelle plusieurs interprétations ont été suggérées pour en rendre compte. Toutefois, de façon surprenante, peu d'études ont porté sur cette règle et sur les facteurs déterminant son utilisation. La présente étude a pour but de clarifier certaines des conditions dans lesquelles apparaît la règle de la divergence et d'apporter des précisions quant à certaines des interprétations suggérées pour l'expliquer.

Pour répondre à ces objectifs, deux expériences ont été menées chez le chien domestique au moyen d'une tâche d'élimination progressive (TEP), qui consiste à visiter plusieurs sites de nourriture distribués dans l'espace de recherche alors que l'animal est libre de les vider dans n'importe quel ordre du moment qu'il les vider tous.

L'objectif de l'expérience 1 était de vérifier si, d'une part, la divergence pouvait apparaître dans une situation de jugement absolu à 4 cibles (condition 1) et si, d'autre part, une modulation de la charge cognitive par le biais d'une modification des angles de déviation inter-cibles adjacentes augmentait l'utilisation de la divergence (conditions 2, 3 et 4). Les résultats ont montré que les chiens ont utilisé la divergence de manière spontanée dans toutes les conditions, indiquant que la divergence peut être utilisée en situation de jugement absolu. Toutefois la modification de la déviation angulaire inter-cibles n'a pas eu d'impact sur l'application de la divergence. L'objectif de l'expérience 2 était de vérifier l'hypothèse selon laquelle une réduction du nombre de cibles par rapport à l'expérience 1 entraînerait une diminution de l'utilisation de la divergence (condition 1), à savoir un choix aléatoire des cibles, comme il avait été observé dans une étude antérieure (Dumas et Dorais-Pagé, 2006). Un autre objectif de l'expérience 2 était de vérifier l'hypothèse de la discrimination qui stipule que la divergence permettrait une meilleure distinction entre les cibles (Fabrigoule 1974) (conditions 2 et 3). Les résultats montrent que lorsque le nombre de cibles est réduit à 3, les chiens n'utilisent pas la divergence, sans toutefois adopter un comportement tout à fait aléatoire; cependant les résultats des conditions 2 et 3 n'ont pas permis de conclure sur l'hypothèse de la discrimination.

Pour expliquer les résultats des deux expériences, deux hypothèses sont évoquées et discutées en termes de causalité proximale: l'hypothèse de la discrimination (Fabrigoule, 1974), et l'hypothèse de la charge cognitive voulant que la divergence soit activée lorsque la charge cognitive de l'animal atteint un seuil critique. Nous concluons que l'hypothèse de la charge cognitive semble le mieux expliquer les résultats. La règle de la divergence est ensuite discutée en termes de causalité distale, où nous nous sommes référés à l'approche écologique pour suggérer que la divergence, autrement désignée comme l'alternance spontanée ou la stratégie « win-shift », pouvait avoir une valeur adaptative chez le chien.

Mots-clés : cognition animale, comportement de recherche de nourriture, règle de la divergence.

INTRODUCTION

Pour survivre, les animaux doivent effectuer diverses activités qui requièrent entre autres de se déplacer dans l'espace, par exemple migrer, trouver de la nourriture, fuir un prédateur ou retrouver leur nid. Cela implique la prise en considération autant des éléments statiques de leur environnement (e.g., arbres et obstacles naturels) que des éléments mobiles (e.g., congénères, proies, prédateurs, progéniture). Afin de se déplacer adéquatement dans l'espace et interagir avec ces éléments, deux habiletés sont nécessaires. D'abord, il faut percevoir les distances et les évaluer. Il a été montré que les animaux possèdent de telles capacités (Tolman, 1948; Gallistel, 1990; Roberts, 1998). Ensuite, il faut pouvoir utiliser ces informations fournies par l'environnement pour générer un comportement approprié selon la situation. Pour cela, l'animal a recours à un ensemble d'outils cognitifs, notamment les règles cognitives. En psychologie cognitive, une règle cognitive est un mécanisme qui permet de prendre des décisions rapidement (Baudouin et Tiberghien, 2007).

Dans le contexte du déplacement dans l'espace, une des règles cognitives utilisées par les animaux est celle de la moindre distance (Menzel, 1973). La règle de la moindre distance fait référence à une tendance à minimiser la distance parcourue entre deux ou plusieurs points dans l'espace. On en parle le plus souvent dans le contexte du comportement de recherche, particulièrement le comportement de recherche de nourriture. Selon l'approche de l'optimisation, la règle de la moindre distance aurait pour but de réduire la charge mnémonique ou encore de maximiser la quantité de nourriture obtenue en un minimum de temps et d'énergie (Roberts, 1998).

Une autre règle cognitive, la divergence, a aussi été étudiée dans le contexte du comportement de recherche chez les animaux (Lachman, 1965, 1969; Lachman et Brown, 1957). Lachman, qui s'est intéressé au comportement des rats, parle de « divergence maximale » pour décrire une tendance à éviter des chemins adjacents, autrement dit une

préférence pour emprunter le chemin le plus éloigné possible du dernier chemin emprunté. Cette règle a cependant été beaucoup moins étudiée que celle de la moindre distance. Les quelques études faites dans ce sens ont permis d'observer, outre chez le rat, un comportement de divergence chez des espèces comme le chien (Fabrigoule, 1974; Dumas et Dorais-Pagé, 2006) et le chat (Poucet, Buhot-Averseng et Thinus-Blanc, 1983).

Malgré le peu d'études sur la divergence, différentes interprétations ont tout de même été proposées sans toutefois qu'elles soient l'objet de validation empirique. De plus, les circonstances d'utilisation de la règle de la divergence et les explications y étant associées demeurent encore floues. Le but de la présente étude consiste donc à clarifier certaines des conditions dans lesquelles cette règle est utilisée et à apporter, dans la mesure du possible, des précisions quant à certaines des interprétations suggérées pour l'expliquer.

CHAPITRE I

L'ÉTUDE DE LA DIVERGENCE

1.1. Les premières études

Dans les années 50, Lachman et Brown se sont intéressés au comportement de recherche de nourriture chez les rats. Dans une de leurs études (Lachman et Brown, 1957), ces auteurs ont cherché à déterminer si les rats développaient une stéréotypie dans leur recherche. Selon eux, un comportement stéréotypé se caractérise par le choix du même parcours pendant plusieurs essais consécutifs. Les sujets ont été testés à l'aide d'une plate-forme circulaire à laquelle étaient fixés quatre bras espacés de 30 degrés les uns des autres. Un morceau de nourriture était placé à l'extrémité de chacun des bras et le rat devait pousser une petite porte pour y accéder, de sorte que la nourriture n'était pas visible à partir de la plate-forme qui constituait le point de départ. La tâche consistait à consommer la nourriture à chacun des quatre sites, le rat étant libre de choisir l'ordre dans lequel il les visitait. Après chaque choix, le sujet était ramené manuellement à la plate-forme de départ. Un choix était défini par le fait pour un sujet de consommer la nourriture d'un site ou de retourner à un site déjà vidé. La tâche était apprise lorsque le sujet réussissait à visiter les 4 cibles sans aucune erreur. Les résultats ont montré qu'aucune stéréotypie n'est apparue au cours des essais.

Cependant, Lachman et Brown ont observé que les rats ont manifesté une préférence pour les parcours pour lesquels chaque choix successif était le plus éloigné possible du précédent, et ce, dès les premiers essais expérimentaux. Selon les auteurs, ce comportement répond au principe de la divergence maximale. Deux autres études de Lachman (1965, 1969) ont confirmé la présence de la divergence maximale chez les rats dans la même tâche, mais avec une plateforme à cinq bras (Lachman, 1965), puis à trois bras (Lachman, 1969). Lachman (1969) souligne la similarité de la divergence maximale avec le phénomène

« d'alternance spontanée », observé par Dennis en 1939 dans une expérience où, parmi deux chemins possibles, les rats alternaient entre l'un et l'autre au cours des essais. Dennis a expliqué ce comportement comme la manifestation d'une « préférence innée envers un changement de stimulus ». Selon Lachman (1969), l'alternance spontanée serait en fait un comportement spécifique reflétant une tendance générale des rats à utiliser la divergence maximale. Étant donné la variabilité manifestée par les rats lorsqu'ils appliquent la divergence, Lachman (1969) privilégie l'approche cognitive pour en rendre compte, par opposition aux approches associationnistes classiques « stimulus-réponse » qui supposent l'apprentissage de réponses spécifiques. Sans vraiment élaborer sur ce qui explique le comportement de divergence en tant que tel, Lachman suggère que les rats ont pu se construire une carte cognitive (Tolman, 1925) leur ayant permis de manifester une flexibilité comportementale dans laquelle s'inscrit la divergence.

Ce n'est que dans le milieu des années 70, avec l'étude de Fabrigoule (1974) sur les chiens, que la règle de la divergence a de nouveau été mise à jour. Cette étude, qui faisait partie d'une série de recherches sur l'apprentissage spatial des chiens, avait pour but d'étudier les mécanismes sous-jacents aux comportements de recherche de nourriture des animaux chez une espèce autre que les rongeurs. Selon Fabrigoule, l'utilisation des chiens présente l'avantage de rendre possible l'expérimentation à l'extérieur d'un laboratoire, ce qui permet de se rapprocher des conditions de vie naturelles de l'animal. Dans son étude, six chiens devaient vider quatre cibles placées en éventail à 4,5m du point de départ et espacées l'une de l'autre de 130cm, et ce en terrain découvert à l'extérieur. Comme dans les expériences de Lachman chez le rat, le sujet était libre de vider les cibles dans n'importe quel ordre. Lorsqu'il vidait une cible, il était ramené au point de départ. Cependant, lorsqu'il choisissait une cible déjà vidée, l'expérimentateur n'intervenait pas et laissait le chien aller jusqu'à ce qu'il trouve une cible pleine. Les résultats ont montré que quatre sujets sur six ont utilisé la règle de la divergence, c'est-à-dire qu'ils ont choisi la cible la plus éloignée de celle qui venait d'être visitée. Il a aussi été observé que ce comportement de divergence n'apparaissait qu'après plusieurs essais expérimentaux, au 27^e essai en moyenne.

Afin d'expliquer le comportement de divergence démontré par les sujets, Fabrigoule suggère que l'utilisation de la divergence favoriserait une meilleure distinction des cibles entre elles. Le paramètre fondamental à la base de cette hypothèse serait donc la distance entre les cibles, aussi désignée comme la déviation angulaire (Dumas et Dorais-Pagé, 2006). La déviation angulaire entre les bols adjacents est l'angle formé par la ligne imaginaire reliant le point de départ à chaque bol. Une autre hypothèse selon Fabrigoule veut que le comportement de divergence soit une réaction au non-renforcement des comportements de revisite : le fait de retourner à une cible déjà vidée induirait chez le sujet un gradient négatif autour de cette cible, ce qui conduirait le sujet à diverger au maximum entre les choix successifs.

Fabrigoule ne décrit cependant pas clairement quel comportement a été privilégié par les sujets dans les premiers essais. Elle n'offre pas non plus d'explication pour rendre compte du fait que la divergence dans son expérience est apparue tardivement, alors que les rats des études de Lachman et Brown (1957) et celles de Lachman (1965, 1969) avaient utilisé la divergence spontanément. On peut toutefois suggérer que la différence de procédure entre les deux études pourrait s'avérer une explication plausible quant à la prise de décision de l'animal. En effet, si l'animal n'est pas ramené au point de départ lorsqu'il visite une cible déjà vidée, l'emplacement de cette cible constitue un « nouveau » point de départ à partir duquel l'animal prend sa décision pour son prochain choix. Ainsi, dans la situation expérimentale de Fabrigoule, les autres bols ne sont plus équidistants du « nouveau » point de départ. À ce moment il est possible qu'une autre règle cognitive soit activée, comme celle de la moindre distance. Dans ce sens, une expérience récente (Dumas et Dorais-Pagé, 2006), dans laquelle 3 bols étaient placés à des distances différentes du point de départ, a montré que les chiens choisissent le plus souvent en premier la cible la plus proche du point de départ, utilisant ainsi la règle de la moindre distance (voir aussi Menzel, 1973). On peut donc supposer que, lors des premiers essais dans l'étude de Fabrigoule, si le sujet visitait un bol déjà vidé il choisissait ensuite le bol le plus proche de ce dernier et finissait par adopter un comportement de divergence au fil des essais subséquents.

Plus tard, une étude de Poucet, Buhot-Averseng et Thinus-Blanc (1983) à l'aide du même dispositif et de la même procédure que ceux utilisés dans l'étude de Fabrigoule a aussi permis d'observer le comportement de divergence cette fois chez le chat domestique. Tout comme dans l'étude de Fabrigoule, les sujets ont été soumis à 150 essais. Cependant il n'est pas spécifié dans l'étude à quel moment la divergence apparaît, c'est-à-dire si elle est utilisée dès les premiers essais ou si elle apparaît plus tard. Selon ce qui a été suggéré plus haut concernant la procédure dans laquelle l'animal n'est pas ramené au point de départ après une erreur, on peut supposer que les chats utilisaient la règle de la moindre distance lors des premiers essais, tout comme les chiens de l'étude de Fabrigoule (1974). Quoiqu'il en soit, Poucet et al. (1983) privilégient l'explication d'une meilleure discrimination entre les cibles pour rendre compte de la divergence observée chez leurs sujets.

1.2 Les études récentes

Il faut attendre le milieu des années 1990 pour que l'idée d'étudier les comportements de recherche de nourriture des animaux avec une tâche permettant le libre choix du parcours pour vider plusieurs sites de nourriture connaisse un regain d'intérêt. S'il n'y a pas toujours eu de terme commun pour décrire cette procédure, les auteurs s'entendent aujourd'hui sur l'appellation de tâche d'élimination progressive (TEP). Comme nous l'avons vu dans les études de Lachman (1957, 1965, 1969) avec le rat, dans celle de Fabrigoule (1974) avec le chien et dans celle de Poucet et al. (1983) avec le chat, la TEP consiste à visiter plusieurs sites de nourriture distribués dans un espace de recherche. Le plus souvent, l'animal est d'abord entraîné à consommer la nourriture d'un seul site dans l'aire de recherche, puis, lors de la phase expérimentale, il doit consommer la nourriture aux multiples sites. L'animal est libre de vider les sites dans n'importe quel ordre du moment qu'il les vide tous. Comme nous avons déjà pu le constater, il existe diverses variantes de la tâche dans lesquelles l'animal peut être ramené ou non au point de départ après chaque choix. Par ailleurs, dans certains cas on administre la tâche jusqu'à ce que l'animal ne fasse plus d'erreurs, tandis que dans d'autres variantes, un nombre limité d'essais est administré. Les

expérimentateurs n'offrent cependant pas toujours de justification du choix de l'une ou l'autre de ces variantes.

Au niveau cognitif, la résolution de la tâche implique deux éléments : d'une part, apprendre à visiter toutes les cibles et, d'autre part, se rappeler des cibles déjà visitées pour ne pas y retourner (Poucet et al., 1983). Il s'agit de règles implicites à la tâche, que l'animal apprend lors de l'administration de la tâche.

Le regain d'intérêt envers la TEP dans les années 1990 s'inscrit dans un contexte où l'étude de la psychologie animale favorise déjà l'approche cognitive. Dans ce sens, la TEP a ainsi été utilisée pour étudier les capacités cognitives des animaux telles que la mémoire spatiale (Dallal et Warren., 1990; MacDonald, 1994; MacDonald et Agnes, 1999; MacDonald et Wilkie, 1990), les stratégies de recherche (Gouteux, Vauclair et Thinus-Blanc, 1999; Dorais-Pagé et Dumas, 2003; Bartolomucci, de Biurrun, et Fuchs, 2001) et l'efficacité de la recherche (Gibson, Wasserman, et Kamil, 2007; De Lillo, Visalberghi, et Aversano, 1997) entre autres. Selon Valsecchi, Bartolomucci, Aversano, et Visalberghi (2000), la TEP présenterait une bonne validité écologique, en ce qu'elle tiendrait compte des demandes auxquelles l'animal doit faire face dans des conditions naturelles ainsi que de son histoire phylogénétique. Toujours selon Valsecchi et al. (2000) la TEP permet une certaine flexibilité quant à la façon de faire varier la configuration de cibles, c'est-à-dire la distribution des ressources, selon ce qu'on cherche à étudier (e.g., stratégie de recherche, mémoire spatiale). Un autre avantage de la TEP souligné par Valsecchi et al. (2000) est le fait qu'il soit possible de l'adapter à plusieurs espèces, permettant une comparaison directe entre elles. Enfin, ces auteurs soulignent aussi, tout comme Poucet et al. (1983), que la TEP laisse un maximum de liberté au sujet dans le choix d'élimination des cibles, permettant ainsi une grande spontanéité dans la résolution de la tâche.

Quoi qu'il en soit, parmi les recherches ayant utilisé la TEP pour étudier les règles cognitives, c'est surtout la règle de la moindre distance qui a été mise à jour, tel que déjà souligné. Mais, plus récemment, une étude de Dumas et Dorais-Pagé (2006) avec des chiens a apporté de nouvelles observations sur la règle de la divergence.

Dans la première des deux expériences que compte cette étude, trois bols étaient disposés en éventail à égale distance du point de départ (2 m) et la distance entre les bols adjacents était maintenue constante (110cm). Dans cette situation, les chiens ont vidé les cibles selon un ordre aléatoire. Il n'y a donc pas eu recours à la divergence, contrairement à ce qui avait été observé dans l'étude de Fabrigoule (1974). Pour expliquer la différence entre les résultats de cette expérience et ceux de l'étude de Fabrigoule (1974), Dumas et Dorais-Pagé ont souligné que, bien que la distance entre les bols adjacents était à peu près équivalente dans les deux études (110 cm et 130 cm), la distance point de départ-cibles était plus grande dans l'étude de Fabrigoule que dans la leur (4.5m versus 2m), donnant lieu à une plus petite déviation angulaire entre les bols adjacents dans l'étude de Fabrigoule (17°) que dans l'expérience de Dorais-Pagé et Dumas (33°). Dumas et Dorais-Pagé ont suggéré qu'une petite déviation angulaire pourrait induire, sans vraiment préciser comment, un comportement de divergence tel qu'observé dans l'étude de Fabrigoule. On peut par ailleurs souligner que le nombre de bols utilisé était différent dans les deux études (3 bols dans l'expérience de Dumas et Dorais-Pagé et 4 bols dans l'expérience de Fabrigoule), ce qui pourrait aussi expliquer la différence de résultats.

Dans la seconde expérience de l'étude de Dumas et Dorais-Pagé (2006), trois bols étaient placés à distance égale du point de départ (1.5 m), mais cette fois la distance variait entre les bols adjacents (75 cm et 124 cm), donnant lieu à des angles de déviation de 29° et 50°. Les résultats ont montré que, dans ces circonstances, dès les premiers essais, les sujets utilisaient la divergence. Toutefois, ces observations diffèrent de celles de l'étude de Fabrigoule (1974), dans la mesure où le comportement de divergence des chiens dans l'étude de Fabrigoule n'apparaissait pas spontanément, mais plutôt vers le 27^e essai en moyenne. On peut revenir à

l'hypothèse selon laquelle le fait de ramener ou non l'animal au point de départ après une erreur puisse expliquer une telle différence dans les résultats. En effet, on a suggéré qu'une procédure avec correction amènerait les chiens à utiliser la moindre distance, ce qui retarderait l'émergence de la divergence. Cependant, il reste que le fait que la divergence ait été observée dans deux expériences (Fabrigoule, 1974; Dumas et Dorais-Pagé, 2006) dont les paramètres différent demeure inexpliqué. Nous y reviendrons plus tard.

En résumé, au plan empirique, les données concernant la divergence montrent que des espèces telles le rat, le chat et le chien ont recours à cette règle pour résoudre la TEP (Lachman et Brown, 1957; Lachman, 1965; Lachman, 1969; Fabrigoule, 1974; Poucet et al., 1983; Dumas et Dorais-Pagé, 2006). Elles montrent également que la divergence peut être utilisée de manière spontanée (Lachman et Brown, 1957; Lachman, 1965; Lachman, 1969; Dumas et Dorais-Pagé, 2006) mais qu'elle peut aussi émerger au fur et à mesure que les essais progressent (Fabrigoule, 1974). Ces quelques données suggèrent que l'utilisation de la divergence semble être assez flexible, du moins chez le chien, mais nous renseignent peu sur les conditions sous-jacentes à l'implantation de cette règle, du moins en ce qui a trait au comportement spontané.

Au plan théorique, on a vu que, du point de vue de la causalité proximale, plusieurs hypothèses ont été avancées pour tenter d'expliquer le comportement de divergence. Lachman (1969), sans offrir d'explication précise, a toutefois situé le comportement de divergence dans un contexte cognitiviste où l'animal aurait recours à une « carte cognitive » lui permettant d'assouplir son comportement et ainsi appliquer la divergence. Fabrigoule (1974) suggère que le comportement de divergence serait une réaction au non-renforcement des comportements de revisites : le fait de retourner à une cible déjà vidée induirait chez le sujet un gradient négatif autour de cette cible. Cette explication est cependant donnée par Fabrigoule dans un contexte impliquant de nombreux essais et où la divergence semble résulter d'un apprentissage. Cette interprétation ne permet donc pas d'expliquer un comportement spontané de divergence. Fabrigoule (1974) propose une autre interprétation

voulant que l'utilisation de la divergence favorise une meilleure distinction des cibles entre elles (voir aussi Buhot et Teule, 1971), que nous avons désigné comme l'hypothèse de la discrimination. Enfin, Dumas et Dorais-Pagé (2006) suggèrent que le comportement de divergence pourrait être lié à une plus petite déviation angulaire entre les cibles adjacentes, ce qui renvoie à l'hypothèse de la discrimination.

Si l'on revient à l'expérience 1 de Dumas et Dorais-Pagé (2006) où l'on observe un comportement aléatoire, et à celle de l'étude de Fabrigoule (1974) où l'on observe de la divergence, on a mentionné deux éléments pouvant expliquer la différence entre les résultats. Le premier élément est le petit angle de déviation inter-cibles adjacentes retrouvé dans l'étude de Fabrigoule qui, selon l'hypothèse de la discrimination, induirait la divergence. Le second élément pouvant possiblement expliquer la différence des résultats entre les deux études serait le nombre de cibles en soi. Nous reviendrons plus tard sur cet élément.

Si l'on considère à présent les deux expériences dans lesquelles la divergence a été observée, soit l'expérience 2 de Dumas et Dorais-Pagé (2006) et celle de Fabrigoule (1974), on peut constater que les deux situations expérimentales n'ont en commun ni la déviation angulaire entre les bols adjacents, ni le nombre de bols en soi. Pourtant, dans les deux expériences, le même résultat a été observé, soit la divergence. Par ailleurs, les angles de déviation inter-cibles retrouvés dans l'expérience 2 de Dumas et Dorais-Pagé se rapprochent davantage de ceux de l'expérience 1 de Dumas et Dorais-Pagé où un choix aléatoire avait été observé. L'hypothèse de discrimination apparaît ainsi moins plausible pour expliquer la divergence dans l'expérience 2 de Dumas et Dorais-Pagé.

On peut cependant soulever une autre possibilité pour expliquer la divergence dans cette expérience en tenant compte des deux éléments suivants: les angles de déviation inégaux entre les cibles adjacentes et le nombre inégal de cibles de part et d'autre de l'axe corporel du chien au point de départ. On peut supposer que l'un ou l'autre (ou les deux) de ces éléments pourrait alourdir la charge cognitive, ce qui induirait la règle de la divergence.

Dans l'expérience 1 de Dumas et Dorais-Pagé, les angles de déviation sont égaux entre les cibles adjacentes et le nombre de bols de chaque côté de l'axe corporel du sujet à son point de départ est égal aussi. La charge cognitive est donc moins lourde, ce qui pourrait expliquer que les chiens de cette expérience ont eu un comportement différent pour résoudre la tâche, soit un comportement aléatoire.

En somme, la prise en considération des différents éléments en jeu dans les situations expérimentales où la divergence a été observée semble pointer, du point de vue de la causalité proximale, vers une hypothèse commune, soit celle qu'une surcharge cognitive pourrait engendrer la divergence. À la lumière de ces observations, on peut également noter que l'évaluation de ces éléments lors de la prise de décision ne demande pas toujours le même type de jugement de la part de l'animal. D'une part, l'évaluation du nombre de bols en soi et de la valeur de l'angle de déviation entre cibles lorsqu'il est constant demandent un jugement de type absolu. D'autre part, l'évaluation du nombre inégal de bols de part et d'autre de l'axe corporel et de la déviation angulaire inégale entre les cibles adjacentes fait appel à un jugement de type relatif, où l'animal doit faire une comparaison à l'intérieur de la situation.

Enfin, en termes de causalité distale, Dumas et Dorais-Pagé (2006) proposent que la divergence aurait une valeur adaptative chez le chien, en s'appuyant sur l'hypothèse de Gibson (1990) selon laquelle le traitement de l'information serait fonction de la nature de « chasseur-coopératif » de cette espèce, où l'animal doit tenir compte à la fois des mouvements de la proie et à ceux de ses congénères. Ainsi, le fait d'être trop proche d'un congénère durant la chasse réduirait les chances de succès et le comportement de divergence permettrait d'optimiser les chances de réussite.

Bien qu'un certain nombre d'interprétations sur le comportement de divergence ait été proposé, aucune étude n'a tenté de vérifier empiriquement l'une ou l'autre d'entre elles.

1.3 Objectifs de l'étude

La présente étude a deux objectifs. Le premier est de clarifier certaines des conditions dans lesquelles la divergence est utilisée de manière spontanée, dans le contexte du comportement de recherche chez le chien. Le second objectif est de préciser, dans la mesure du possible, certaines interprétations permettant d'expliquer la divergence. Par ailleurs, nous nous intéresserons à la divergence par le biais du comportement spontané chez les chiens plutôt qu'à l'émergence de la divergence suite à un très grand nombre d'essais. Un tel choix est justifiable au plan écologique. De par sa nature de chasseur social, le chien doit faire face à des situations (e.g., chasse en groupe) dont les paramètres (distance entre congénères, distance avec la proie) changent rapidement, ce qui requiert un ajustement rapide qui est davantage le propre du comportement spontané que celui d'un long apprentissage basé sur le non-changement des paramètres. Deux expériences ont été réalisées pour répondre à ces deux objectifs.

CHAPITRE II

EXPÉRIENCE 1

Il a été constaté que, chez le chien, dans une situation faisant appel à un jugement de type relatif (expérience 2 de Dumas et Dorais-Pagé, 2006), la divergence apparaissait spontanément, tandis que dans une situation nécessitant un jugement de type absolu (Fabrigoule, 1974) la divergence n'apparaissait que tardivement au cours des essais. On a suggéré que l'apparition tardive de la divergence dans l'étude de Fabrigoule (1974) pouvait être liée à une procédure avec correction. Puisque la présente étude s'intéresse au comportement spontané, il convient de se demander si la divergence peut apparaître spontanément dans une situation nécessitant un jugement absolu.

Ainsi, dans la présente expérience, une disposition spatiale semblable à celle de l'étude de Fabrigoule a été adoptée comme condition de base afin de vérifier si la divergence pouvait y apparaître spontanément, mais avec une procédure sans auto-correction. Ensuite, nous avons voulu voir si une charge cognitive accrue par rapport à la condition de base pouvait augmenter l'utilisation de la divergence. Pour cela, deux autres conditions dans lesquelles les angles inter-bols ont été rendus inégaux ont été administrées aux sujets. Les trois conditions sont décrites de façon détaillée dans la section méthodologie.

2.1. Méthodologie

Sujets. Neuf chiens, 4 femelles et 5 mâles, ont participé à l'expérience 1. Ils étaient âgés entre 1.5 ans et 12 ans (âge moyen : 5.4 ans, écart type : 3 ans). Un chien avait déjà été testé dans une tâche semblable un an auparavant. Les huit autres chiens étaient naïfs. Deux autres chiens ont été éliminés, l'un parce qu'il était malade et l'autre par manque de coopération.

Matériel. Le matériel utilisé consistait en 4 bols identiques (circonférence de 18cm et hauteur de 6.5 cm) et un panneau de carton opaque (95 cm x 80 cm). La nourriture utilisée consistait en des pastilles sèches d'une marque commerciale connue.

Procédure.

Description des conditions

Dans toutes les conditions, la distance entre le point de départ et les cibles est maintenue constante à 150 cm. Dans la condition 1 (voir figure 2.1), la distance entre les cibles adjacentes est maintenue constante (60 cm), donnant lieu à un angle de déviation de 23° entre les cibles adjacentes, ce qui se rapproche de l'angle de 17° retrouvé dans l'étude de Fabrigoule (1974). Selon l'hypothèse de la discrimination, un petit angle de déviation enclencherait la divergence, on devrait donc observer un comportement de divergence dans cette condition puisqu'il n'y aura pas d'auto-correction.

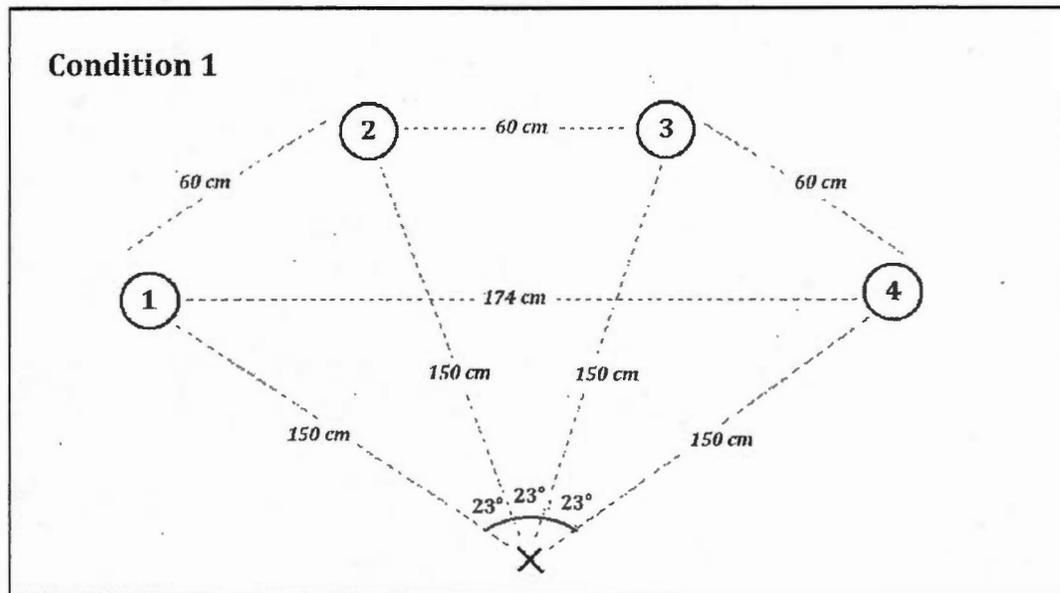


Figure 2.1 Condition 1

Tenant compte du fait que l'on s'attend à observer de la divergence dans la condition 1, afin de vérifier l'hypothèse selon laquelle une charge cognitive plus lourde augmenterait l'application de la règle de la divergence, deux autres conditions ont été administrées aux sujets.

Dans la condition 2 (voir figure 2.2), les quatre bols sont regroupés en 2 paires placées de chaque côté de l'axe corporel de l'animal. La distance entre les deux bols formant chaque paire est égale (30 cm) ainsi que l'angle de déviation (11,5°). L'angle de déviation entre les bols 2 et 3 est de 46°. Cette condition comporte des angles de déviation inégaux entre les cibles adjacentes ce qui, comme on l'a suggéré, alourdirait davantage la charge cognitive pour le chien par rapport à la condition 1. En effet, le chien se trouve à prendre en considération deux valeurs d'angles de déviation, soit 11,5° et 46°, au lieu d'une seule (23°) dans la condition 1. Ceci permet de prédire qu'il utilisera davantage de divergence que dans la condition 1.

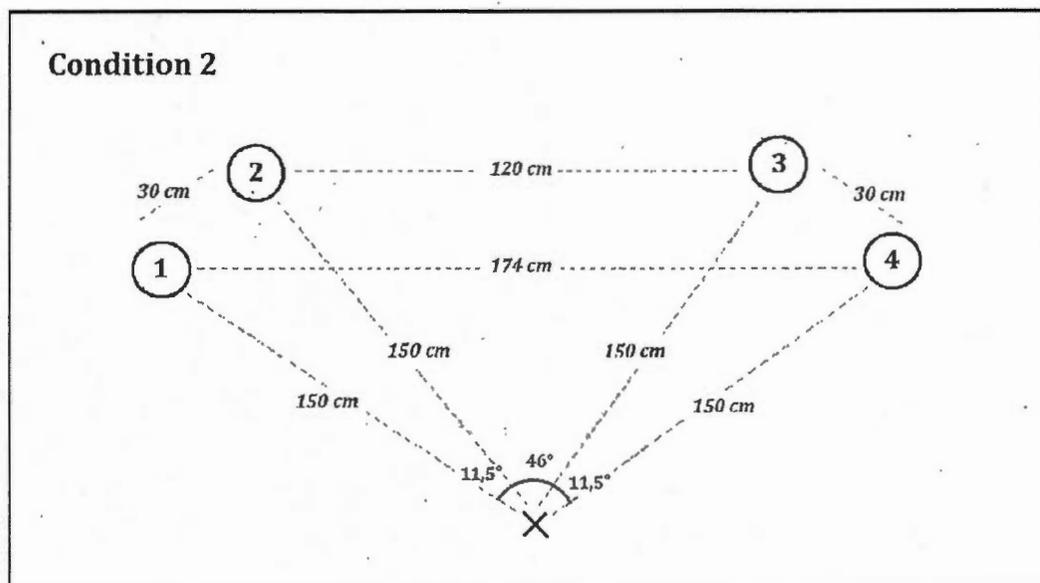


Figure 2.2 Condition 2

Dans les conditions 3 et 4 (voir figures 2,3 et 2.4), toutes les déviations angulaires entre bols adjacents sont inégales. D'un côté, les deux bols sont séparés de 60cm avec un angle de déviation de 23°, comme dans la condition 1; de l'autre côté, les deux bols sont séparés de 30 cm avec un angle de déviation de 11,5°, comme dans la condition 2. Le côté où se trouve la plus grande distance inter-bols (à droite ou à gauche) est contrebalancé, donnant lieu à deux conditions, 3 et 4. Dans ces deux conditions la valeur de l'angle entre les bols 2 et 3 (i.e. les deux bols internes) est de 34,5°. Dans ces conditions, non seulement l'angle de déviation est-il inégal entre les cibles adjacentes, mais il est aussi inégal entre les deux bols formant chaque paire. Le chien doit cette fois-ci prendre en considération trois valeurs d'angles, soit 11,5°, 23°, et 34,5°. Ce nouvel élément ajoute encore à la charge cognitive par rapport à la condition 2, ce qui permet de supposer une utilisation encore plus marquée de la règle de la divergence pour vider les cibles.

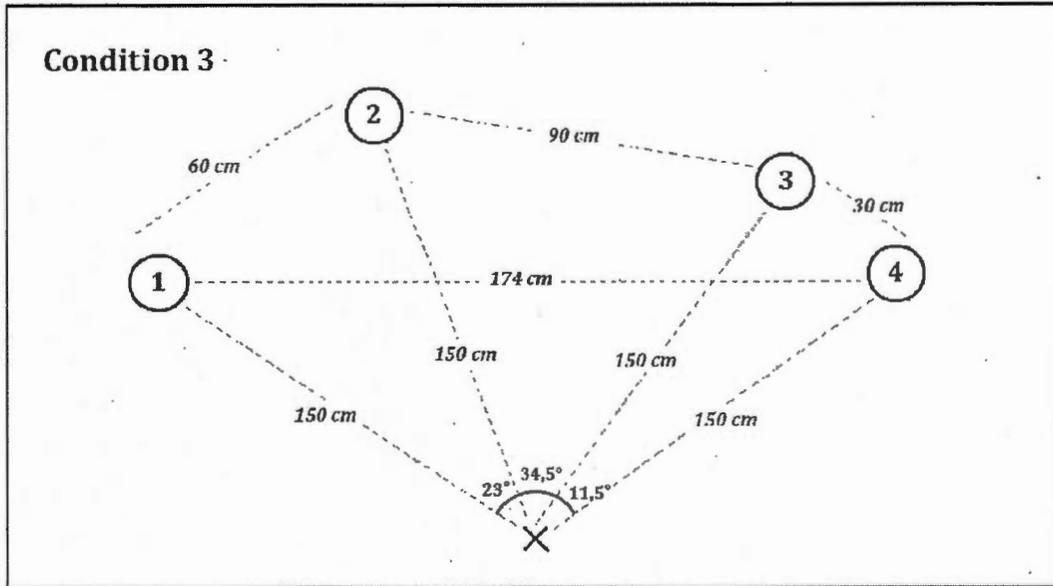


Figure 2.3 Condition 3

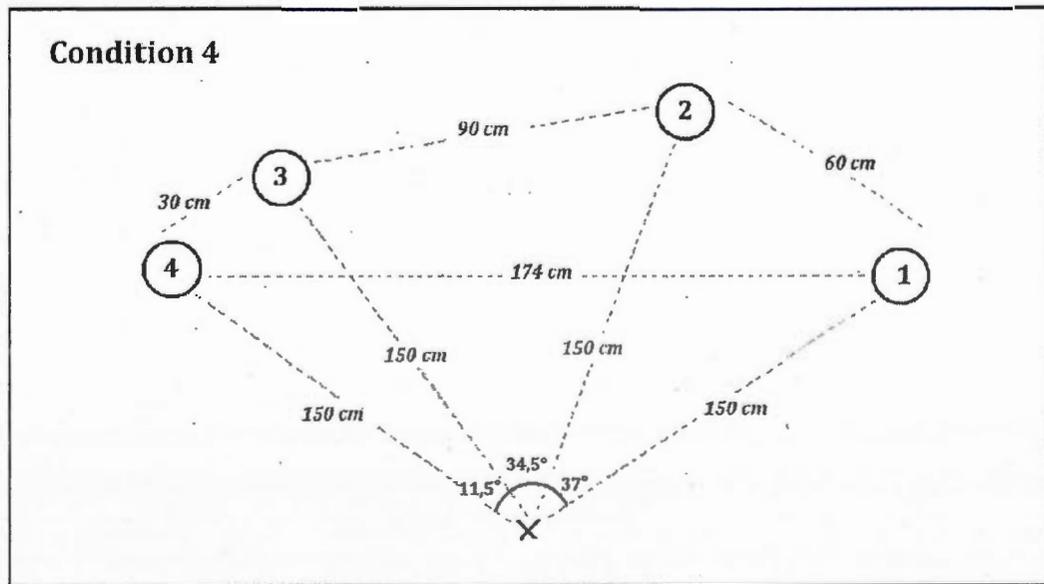


Figure 2.4 Condition 4

L'animal a été testé au domicile du propriétaire. Le but de l'étude et la procédure ont été expliqués par téléphone ou de vive voix au propriétaire du chien et les rendez-vous ont été fixés selon sa convenance. Le chien était privé de nourriture pendant au moins 5 heures avant chaque session; de l'eau était disponible en tout temps. Chaque sujet a été testé dans les quatre conditions expérimentales.

Entraînement. Tous les sujets ont effectué un entraînement afin qu'ils puissent maîtriser le pré-requis de la tâche : se rendre au bol et en consommer le contenu. Une session d'entraînement comprenait 10 essais. Avant chaque essai, un premier expérimentateur (i.e., E1) retenait le chien au point de départ en tenant le panneau opaque de façon à ce que l'animal ne voie pas les manipulations inter-essai effectuées par un second expérimentateur (i.e., E2) situé de l'autre côté du panneau. Ces manipulations consistaient à mettre un morceau de nourriture dans un bol et placer ce dernier à la position requise. Pour le premier essai, le bol était placé juste devant le point de départ. Pour les neuf autres essais, il était placé aléatoirement dans un rectangle imaginaire de 220 x 160 cm situé à 20cm du point de départ. Pour ce faire, le rectangle était divisé en 25 cases imaginaires; le choix de la case où était placé le bol d'entraînement était déterminé au hasard à chaque essai. Toutefois, il n'était jamais placé aux positions utilisées lors des essais expérimentaux. Une fois le bol placé, E2 retournait au point de départ en alternant le côté par lequel il revenait à chaque essai et se plaçait derrière E1. Ensuite, E1 soulevait le panneau et relâchait le chien. Un essai était réussi si le chien consommait la nourriture se trouvant dans le bol. Il y avait échec s'il ne vidait pas le bol en moins d'une minute ou s'il quittait la pièce. E2 notait ces informations. Pour compléter l'entraînement, l'animal devait réussir au moins 8 essais sur 10 lors de deux sessions consécutives. Les neuf sujets ont tous complété l'entraînement en deux sessions. Les deux sessions étaient espacées d'une période allant de 2 à 9 jours selon la disponibilité des propriétaires.

Essais expérimentaux. Les essais expérimentaux, dans lesquels quatre bols sont utilisés, débutaient à la session suivant la dernière session d'entraînement, soit entre 3 et 16

jours après, selon les disponibilités des propriétaires. Comme lors des séances d'entraînement, le chien était retenu au point de départ par E1 qui tenait aussi le panneau empêchant le chien de voir E2 effectuer les manipulations inter-essais. Avant de débiter les essais expérimentaux, 2 essais de rappels étaient effectués avec un seul bol. Pour le premier essai de rappel, E2 plaçait le bol juste devant le point de départ, et, pour le second essai, il le plaçait à un mètre du point de départ en ligne droite avec l'axe corporel du chien. Tous les sujets ont réussi ces deux essais de rappel. Ensuite, les essais expérimentaux ont été administrés. E2 plaçait un morceau de nourriture dans les 4 bols et les disposait selon une des quatre conditions, puis il retournait au point de départ en alternant le côté par lequel il revenait d'un essai à l'autre et se plaçait derrière E1. Il est à noter que le morceau de nourriture n'était pas visible du point de départ ni d'un bol à l'autre. E1 soulevait ensuite le panneau et relâchait l'animal. Une fois que l'animal eût fait son choix, E1 le ramenait au point de départ, qu'il s'agisse d'une revisite ou non. Un choix était déterminé par n'importe quel mouvement de tête du sujet lui permettant d'avoir un accès visuel à l'intérieur du bol. Un essai se terminait lorsque le chien avait vidé les 4 bols (succès), s'il quittait la pièce (échec) ou s'il n'avait pas consommé le contenu d'un bol après 3 minutes (échec).

Chaque sujet a dû effectuer 36 essais, soit 9 essais pour chacune des 4 conditions. L'ordre d'administration des 36 essais a été déterminé de manière aléatoire pour chaque sujet. Quatre sujets ont complété les 36 essais en deux sessions et 5 sujets les ont complétés en 3 sessions. Les sessions étaient espacées d'une période allant de 1 à 14 jours, toujours selon les disponibilités des propriétaires.

2.2 Résultats

La variable à l'étude, la divergence, peut être mesurée par le biais des patrons d'élimination, c'est-à-dire l'ordre dans lequel les cibles sont vidées à chaque essai. Puisqu'il y a quatre cibles, il existe 24 patrons d'élimination possibles. Toutefois, un si grand nombre (24) de patrons d'élimination rend difficile la faisabilité des analyses statistiques. Il a donc été nécessaire de les regrouper. Pour ce faire, trois étapes ont été suivies. D'abord, un score de divergence a été attribué à chacun des patrons d'élimination possibles. Ensuite, les patrons d'élimination ont été regroupés en 5 niveaux selon leur score de divergence, afin de pouvoir comparer les conditions entre elles. Enfin, les scores de divergence ont été transformés de manière à pouvoir comparer chacun des 5 niveaux entre eux à l'intérieur d'une même condition. Ces trois étapes sont décrites de façon détaillée dans les paragraphes qui suivent.

Étape 1. Calcul du score de divergence

À chaque patron d'élimination, on peut attribuer un « score de divergence », basé sur les distances réelles séparant chaque choix successif correct. Il est en effet possible de se baser sur les distances réelles entre les cibles pour mesurer la divergence puisque toutes les cibles sont équidistantes du point de départ. La figure 2.5 illustre les choix successifs corrects possibles pour chacune des conditions. Afin de simplifier l'opérationnalisation des données, les distances réelles, qui varient de 30cm à 174cm selon la condition, ont été converties en unités de divergence (voir tableau 2.1). La somme des unités de divergence liées aux choix corrects successifs pour un patron d'élimination donné correspond au score de divergence qui lui est attribué. Par exemple, pour la condition 1, le sujet peut choisir d'éliminer les cibles dans l'ordre suivant : bol 1, bol 4, bol 2, puis bol 3. Si l'on se réfère à la figure 2.5 pour la condition 1, ce patron correspond à $F + D + B$ en termes de distances séparant chaque choix successif correct. Selon le tableau 2.1, cela correspond à une distance totale de 174cm +

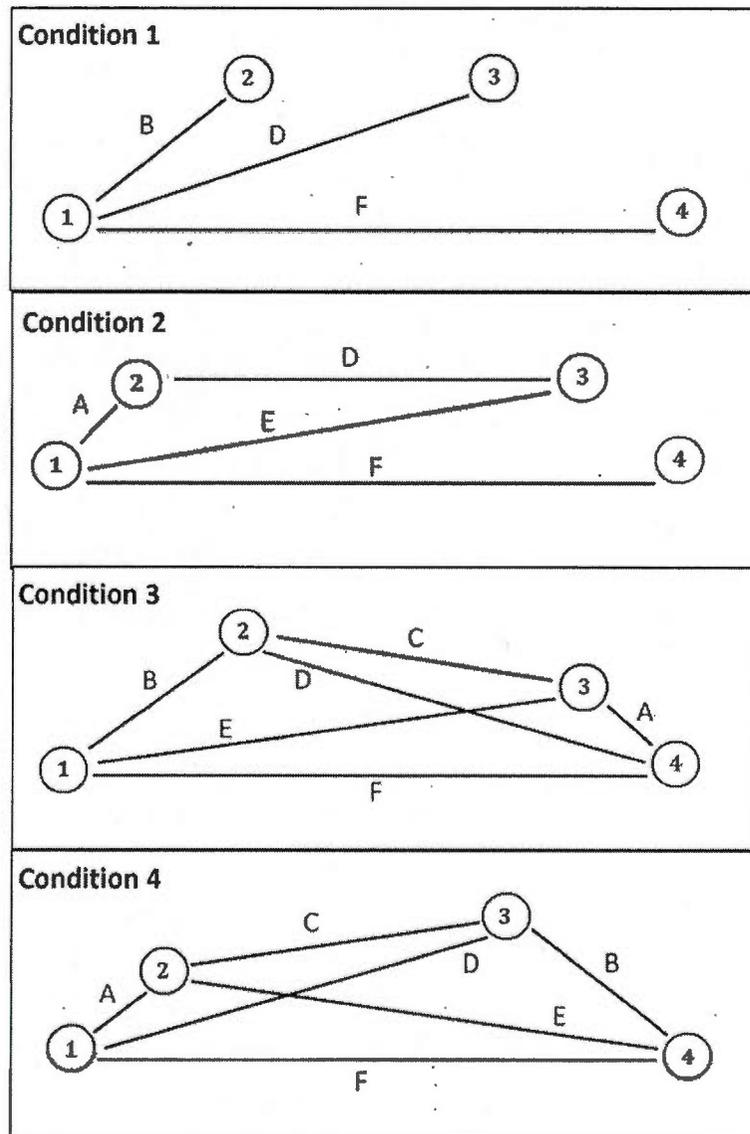


Figure 2.5 Choix successifs corrects possibles pour chacune des conditions

1 : bol externe gauche
 2 : bol interne gauche
 3 : bol interne droit
 4 : bol externe droit

A,B,C,D,E,F : distance à parcourir entre deux cibles

À noter pour la condition 1 :

B s'applique à la distance entre 1 et 2, entre 2 et 3, et entre 3 et 4.

D s'applique à la distance entre 1 et 3, et entre 2 et 4.

À noter pour la condition 2 :

A s'applique à la distance entre 1 et 2, et entre 3 et 4

E s'applique à la distance entre 1 et 3, et entre 2 et 4

Tableau 2.1
Distances réelles entre les choix corrects successifs et leurs unités de divergence correspondantes

Distance entre 2 choix successifs	Unités de divergence	Condition 1	Condition 2	Condition 3	Condition 4
		Distance en centimètres			
A	1	-	30	30	30
B	2	60	-	60	60
C	3	-	-	90	90
D	4	120	120	120	120
E	5	-	147	147	147
F	6	174	174	174	174

120cm + 60cm, soit 354cm. Enfin, en termes d'unités de divergence, cela correspond à 6 unités + 4 unités + 2 unités, soit 12 unités. Le score de divergence pour le patron d'élimination « bols 1-4-2-3 » pour la condition 1 est donc de 12. On peut procéder ainsi pour tous les autres patrons d'élimination possibles, et ce pour chacune des conditions. L'appendice A (p.61) présente de façon détaillée les calculs du score de divergence pour tous les patrons dans les 4 conditions.

Il est à noter qu'un score minimal indique une absence de divergence, ce qui correspond à la règle de la moindre distance, tandis qu'un score maximal indique que le sujet a divergé au maximum entre ses choix successifs.

2. Niveaux de divergence

Étant donné que les distances entre les bols varient d'une condition à l'autre, ceci implique que, pour un même patron d'élimination, le score de divergence pourra varier selon la condition. Par conséquent, l'étendue des scores de divergence varie aussi d'une condition à l'autre (voir appendice 1). Pour la condition 1, les scores possibles sont 6, 8, 10, 12, 14; pour la condition 2, les scores possibles sont 6, 7, 8, 11, 14, 15, 16; pour les conditions 3 et 4, les scores possibles sont 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15. On voit que le score de divergence

minimal est de 6 pour toutes les conditions, ce qui correspond à un balayage latéral gauche-droite ou droite-gauche. Par contre, le score de divergence le plus élevé est de 14 unités (414cm) pour la condition 1, de 16 unités (468cm) pour la condition 2 et de 15 unités (441cm) pour les conditions 3 et 4.

Afin de pouvoir comparer les conditions entre elles, les scores ont été regroupés en cinq niveaux de divergence. Le regroupement a été fait en fonction de 3 critères. Le premier critère, le nombre de niveaux en soi, a été basé sur la condition 1 qui compte le plus petit nombre de scores, soit cinq. Le second critère est la variable d'intérêt, soit la divergence. Nous nous intéresserons ici aux valeurs extrêmes dont la fréquence nous renseignera sur les préférences des sujets quant à la règle cognitive utilisée, soit la moindre distance versus la divergence. Ce sont donc les valeurs centrales, qui correspondent à une position intermédiaire entre la moindre distance et la divergence maximale, qui ont été regroupées. Le troisième critère de regroupement est la prise en compte du fait que nous devons pouvoir comparer les conditions entre elles. Il faut que, pour un niveau de divergence donné, la probabilité d'être choisi soit la même pour les 4 conditions. Le regroupement des scores a donc été fait de manière à ce que chaque niveau inclue le même nombre de patrons. Par exemple, si on regarde au niveau 2, la condition 1 compte 4 patrons ayant un score de 8, la condition 2 compte 4 patrons ayant un score de 7, et les conditions 3 et 4 comptent 2 patrons ayant un score de 7 et 2 patrons ayant un score de 8. Les scores 7 et 8 pour les conditions 3 et 4 ont donc été regroupés pour totaliser 4 patrons au niveau 2. Le tableau 2.2 présente la distribution des scores de divergence dans les cinq niveaux selon la condition.

Tableau 2.2
Regroupement des scores de divergence possibles en cinq niveaux pour chaque condition

Conditions	Niveaux de divergence				
	Niveau 1 Absence de divergence	Niveau 2 Divergence faible	Niveau 3 Intermédiaire	Niveau 4 Divergence élevée	Niveau 5 Divergence maximale
1	6	8	10	12	14
2	6	7	8, 11, 14	15	16
3 et 4	6	7,8	9,10,11,12	13,14	15
Nombre de patrons inclus	2	4	12	4	2

La figure 2.6 illustre la fréquence attendue sur 9 essais pour chacun des niveaux de divergence dans le cas d'un choix aléatoire.

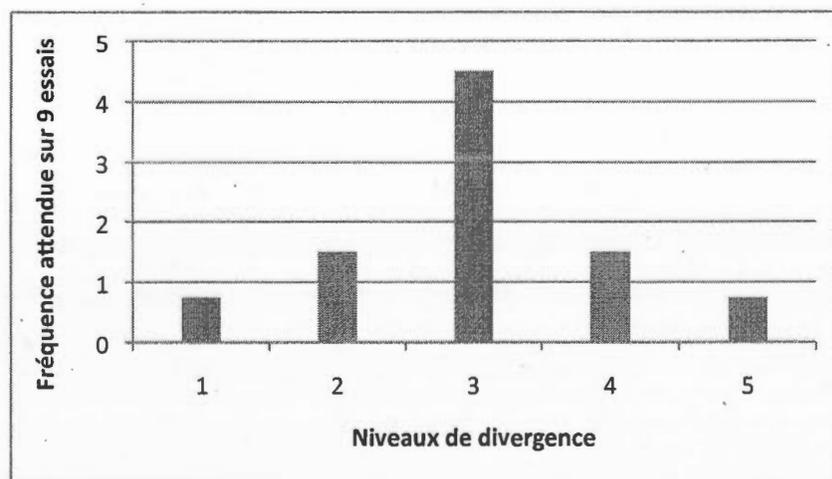


Figure 2.6 Modèle théorique aléatoire

3. Transformation des données

Jusqu'à présent il est possible de comparer un même niveau de divergence d'une condition à l'autre, par exemple de vérifier si les patrons d'élimination de niveau 5 sont choisis plus souvent dans une condition que dans les autres. Mais il n'est pas possible de comparer les niveaux entre eux à l'intérieur d'une même condition, dû au fait que suite au regroupement effectué, chaque niveau ne comprend pas le même nombre de patrons d'élimination, donc n'a pas la même probabilité d'être choisi. Il est donc nécessaire de trouver un dénominateur commun aux 5 niveaux si l'on veut les comparer entre eux. Ainsi, pour chaque sujet, à chacun des niveaux pour chacune des conditions, la fréquence attendue a été soustraite de la fréquence obtenue. Le tableau 2.3 présente les données réelles (résultats sur 9 essais), et leur équivalent après leur transformation.

Tableau 2.3
Statistiques descriptives des données réelles et des données transformées en fonction de la condition et du niveau de divergence

Condition	Niveau de divergence	Données		
		réelles	transformées	
		<i>M</i>	<i>M</i>	<i>ET</i>
1	1	0.2	-.5278	.441
	2	0.9	-.6111	.6009
	3	4.7	.2778	1.8559
	4	1.9	.3889	2.0276
	5	1.3	.4722	.9718
2	1	0.4	-.3056	.5271
	2	0.9	-.6111	.7817
	3	4.4	-.0556	1.7401
	4	2.2	.7222	.8333
	5	1	.2500	1.000
3	1	0.6	-.1944	.7265
	2	0.9	-.6111	.6009
	3	5.1	.5000	1.6583
	4	0.9	-.5000	1.1180
	5	1.6	.8056	1.2360
4	1	0.8	.0278	1.3017
	2	1.1	-.3889	1.2693
	3	3.2	-1.2778	1.5635
	4	1.7	.1667	1.3229
	5	2.2	1.4722	1.6415

M : Moyenne

ET : Écart type

Une ANOVA à mesures répétées a été effectuée sur les données transformées avec les 4 conditions et 5 niveaux de divergence comme variables indépendantes. Les résultats montrent un effet principal significatif de la variable « niveau de divergence », $F(4,7) = 4.891$, $p = .003$. Le test de comparaison a posteriori Newman Keuls permet d'identifier que la moyenne du niveau 5 ($M = .750$, $ET = .236$) est significativement plus élevée que celle du

niveau 1 ($M = -.250$, $ET = .125$), $p < .01$, que celle du niveau 2 ($M = -.556$, $ET = .149$), $p < .01$. et que celle du niveau 3 ($M = -.139$, $ET = 1.70$) $p < .05$. Les résultats de l'ANOVA ne montrent aucun effet significatif de la variable « condition », ni d'effet d'interaction significatif entre la condition et le niveau de divergence.

Des test-t ont été faits sur les données transformées pour comparer le résultat obtenu et la moyenne attendue (probabilité d'être choisi selon le hasard) pour chaque niveau de divergence. Les résultats montrent que la moyenne d'utilisation des patrons de niveau 2 est significativement inférieure à la moyenne attendue, $t(8) = -3.73$, $p = .006$; et que la moyenne d'utilisation des patrons de niveau 5 est significativement supérieure à la moyenne attendue, $t(8) = 3.18$, $p = .013$.

Une façon de vérifier si la divergence est utilisée de manière spontanée ou si elle apparaît plus tardivement au cours des essais est de voir si les patrons d'élimination correspondant à un niveau de divergence élevée (niveau 5) ont été choisis plus souvent au début qu'à la fin des 36 essais. Un test-t a été effectué sur la fréquence des patrons d'élimination de niveau 5 aux cinq premiers essais et aux cinq derniers essais. Les résultats n'indiquent aucune différence significative entre le premier bloc de 5 essais ($M = 0.44$ $ET = 0.53$) et le dernier bloc de 5 essais ($M = 0.67$ $ET = 0.87$) pour la fréquence des patrons de niveau 5, $t(8) = -0.80$.

Une analyse des erreurs (revisites de bols déjà vidés) a aussi été effectuée. Une ANOVA à mesures répétées a été faite sur le nombre d'erreurs, avec les 4 conditions et 4 positions des bols (externe gauche, interne gauche, interne droit et externe droit) comme facteurs intra-sujets. Les résultats indiquent que ni l'effet de la position des bols n'est significatif, $F(3,7) = 1.86$, ni l'effet de la condition, $F(3,7) = 2.26$, ni l'effet d'interaction position x condition, $F(9,7) = 1.15$. Le tableau 2.4 présente les statistiques descriptives.

Tableau 2.4
Statistiques descriptives des erreurs selon la condition et la position des bols

Condition	Position du bol	Moyenne	Écart-type
1	Externe gauche	4,44	3,88
	Interne gauche	4,00	2,00
	Interne droit	4,22	2,82
	Externe droit	4,00	1,32
2	Externe gauche	4,56	2,19
	Interne gauche	4,44	2,40
	Interne droit	4,44	3,94
	Externe droit	2,78	1,86
3	Externe gauche	5,56	2,96
	Interne gauche	3,11	2,47
	Interne droit	6,11	3,59
	Externe droit	3,22	2,68
4	Externe gauche	6,56	2,83
	Interne gauche	3,33	2,12
	Interne droit	6,56	5,20
	Externe droit	4,67	2,06

Enfin, dans le contexte de l'hypothèse selon laquelle la divergence serait une stratégie visant à favoriser la discrimination entre les cibles, il a été vérifié de quelle manière les erreurs se distribuent à travers les 5 niveaux. Un ratio du nombre d'erreurs par niveau de divergence a été calculé pour chaque sujet. Une ANOVA à mesures répétées a été effectuée sur les ratios d'erreurs avec 5 niveaux de divergence. Les résultats de l'analyse indiquent que le niveau de divergence n'a pas eu d'effet significatif sur le ratio d'erreurs, $F(4,32) = 1,01$. Le tableau 2.5 résume les statistiques descriptives du ratio d'erreur par niveau de divergence.

Tableau 2.5
Statistiques descriptives du ratio d'erreurs par niveau de divergence

Niveau de divergence	Moyenne	Écart type
Niveau 1	1,60	1,48
Niveau 2	2,43	0,81
Niveau 3	1,92	0,53
Niveau 4	1,99	0,71
Niveau 5	2,10	1,05

2.3 Discussion

L'objectif de l'expérience 1 était de vérifier dans un premier temps si la divergence pouvait apparaître spontanément dans une situation nécessitant un jugement de type absolu (condition 1), en utilisant une procédure sans auto-correction. Dans un deuxième temps, nous avons voulu vérifier l'impact d'une modulation de la charge cognitive sur l'application de la règle de la divergence (conditions 2, 3 et 4). Les résultats montrent que les sujets ont utilisé la règle de la divergence de manière spontanée pour résoudre la tâche et ce, dans toutes les conditions. Par ailleurs, les analyses ont révélé que la modulation de la charge cognitive dans les conditions 2, 3 et 4 n'a pas augmenté l'utilisation de la divergence.

Ainsi, la règle de la divergence peut être utilisée par les chiens de manière spontanée autant dans une situation de jugement absolu, que dans une situation de jugement relatif (Dumas et Dorais-Pagé, 2006, expérience 2). Cela suggère que l'application de la règle de la divergence ne semble pas être spécifique à un type de jugement. Il est à noter que la divergence est apparue avec un angle inter-cibles de 23°, angle qui est proche de la grandeur d'angle utilisée dans l'étude de Fabrigoule (1974), soit 17°.

La modulation de la charge cognitive, telle qu'effectuée dans la présente expérience, n'a pas eu d'impact sur l'application de la règle de la divergence. En effet, la manipulation

des angles de déviation entre les cibles adjacentes dans les conditions 2, 3 et 4, visant à alourdir la charge cognitive par rapport à la condition 1, n'a pas amené les chiens à utiliser davantage la divergence. Autrement dit, la présence d'angles de déviation inégaux n'a pas eu d'effet sur l'utilisation de la divergence. L'hypothèse selon laquelle un alourdissement accru de la charge cognitive induirait une utilisation plus grande de la divergence n'est donc pas appuyée.

Pour expliquer ce résultat, on peut suggérer tout d'abord que les éléments de la condition 1, considérée comme présentant la charge cognitive la moins lourde des 4 conditions, auraient été suffisants pour induire la règle de divergence. La présence de petits angles de déviation entre les cibles adjacentes et/ou un nombre de cibles plus élevé que 3 pourraient donc être des éléments suffisants pour que les chiens appliquent la divergence. Dans les conditions 2, 3 et 4, l'animal aurait ignoré les autres éléments ayant été manipulés nécessitant un jugement relatif. Une explication alternative serait que, sachant que la divergence spontanée a déjà été observée dans une situation de jugement relatif dans l'expérience 2 de Dumas et Dorais-pagé (2006), pour les conditions 2, 3 et 4, les sujets ont ignoré les éléments faisant appel à un jugement absolu pour se fonder uniquement sur les éléments mettant en jeu le jugement relatif. Une autre possibilité est que la règle de la divergence serait induite lorsque la charge cognitive a atteint un certain seuil. En deçà de ce seuil, le chien privilégierait un comportement aléatoire, comme dans l'expérience 1 de Dumas et Dorais-Pagé (2006). Au-delà de ce seuil, la règle de la divergence serait activée et l'animal ne tiendrait plus compte de tout élément pouvant alourdir la charge cognitive, quelle que soit sa nature. Selon cette hypothèse, toutes les conditions de la présente expérience atteindraient ce seuil, induisant ainsi le comportement de divergence chez les sujets. On peut enfin soulever la possibilité que les manipulations consistant à moduler les angles de déviation angulaire (conditions 2,3 et 4) n'aient pas permis d'alourdir suffisamment la charge cognitive par rapport à la condition 1, du moins telle qu'elles ont été effectuées dans la présente étude, pour induire une augmentation de l'utilisation de la divergence chez les sujets.

Puisque la modulation des angles de déviation n'a pas eu d'impact sur l'implantation de la divergence, il y a lieu de se demander si un autre élément pourrait avoir induit la divergence. On remarque que les 4 conditions ont en commun le nombre de bols en soi (4), tout comme dans l'étude de Fabrigoule (1974). Il est donc possible que le nombre de cibles en soi (au moins 4 cibles) influence l'implantation de la divergence, ce qui reste à vérifier.

En ce qui concerne l'analyse des erreurs, les résultats ont montré que les sujets n'ont pas fait plus d'erreurs dans une condition que dans l'autre, et que ces erreurs n'ont été commises envers aucun bol en particulier. Ces résultats permettent de constater que la modulation de la charge cognitive n'a pas engendré davantage d'erreurs. Enfin, les résultats ont montré que les erreurs étaient distribuées de manière proportionnelle à travers les niveaux de divergence. Autrement dit, les sujets n'ont pas fait davantage d'erreurs dans un niveau que dans l'autre. Dans le contexte de l'hypothèse selon laquelle la règle de la divergence serait utilisée pour faciliter la discrimination entre les cibles (Fabrigoule, 1974), on aurait donc dû s'attendre à observer moins d'erreurs lorsque les chiens choisissent des patrons de niveau 4 et 5 que lorsqu'ils choisissent des patrons correspondant à un niveau peu élevé de divergence, soit les niveaux 1 et 2. Il semble que l'hypothèse de la discrimination des cibles ne soit donc pas appuyée.

Par ailleurs, les résultats révèlent que non seulement les chiens ont opté pour la divergence mais aussi ont évité d'utiliser la règle de moindre distance. On pourrait alors supposer que la règle de la moindre distance entraînerait davantage d'erreurs que le choix des patrons plus divergents, ce que l'analyse statistique ne permet pas de confirmer. Toutefois, le fait de choisir moins souvent le type de patrons de niveau 2 rend la détection des erreurs plus difficile pour ce niveau de divergence. Une façon de vérifier cette hypothèse consisterait à placer les sujets dans une situation à choix forcés, c'est à dire uniquement avec deux cibles, qui permettrait une meilleure détection des erreurs.

CHAPITRE III

EXPÉRIENCE 2

L'expérience 1 de la présente étude a montré que, dans une tâche d'élimination progressive à 4 bols dans laquelle l'angle de déviation inter-bols adjacents est constant à 23° (condition 1), les chiens utilisent la divergence. Les résultats ont aussi montré qu'un alourdissement accru de la charge cognitive n'a pas permis d'observer une plus grande utilisation de la divergence, tel qu'il avait été supposé. On peut cependant se demander si une réduction de la charge cognitive produirait quant à elle un effet sur le comportement de l'animal, à savoir un choix aléatoire des cibles. On a identifié deux éléments associés à une charge cognitive plus lourde, soit un petit angle de déviation inter-cibles et la présence d'au moins 4 cibles. On peut donc supposer qu'une augmentation de l'angle de déviation ou une réduction du nombre de cibles aurait pour effet d'alléger la charge cognitive. Puisqu'il a été suggéré que la divergence dans l'expérience 1 pourrait avoir été induite par le nombre de cibles en soi, soit quatre, la réduction du nombre de cibles sera donc privilégiée pour réduire la charge cognitive dans la présente expérience.

En ce qui concerne la question du nombre de cibles, il a été établi que les animaux possèdent des capacités relatives à la numérosité (Davis et Perusse, 1988). L'appréhension de 4 items serait plus difficile en termes de ressources cognitives demandées par rapport à l'appréhension de 3 items. Certaines études menées sur le phénomène du « subitizing », défini comme étant l'appréhension rapide et précise de la numérosité d'une petite quantité d'items (Kaufman, Lord, Reese et Volkman, 1949), ont montré qu'il existe en effet une discontinuité entre l'appréhension du nombre 3 et celle du nombre 4 (Mandler et Shebo, 1982; Fischer, 1991). Ainsi, étant donné que trois bols demanderaient moins de ressources cognitives, les chiens auraient plus de facilité à se souvenir des bols déjà visités et n'auraient pas besoin d'avoir recours à une stratégie en particulier, d'où le comportement aléatoire dans

l'expérience 1 de Dumas et Dorais-Pagé (2006). Par contre, dans une situation à 4 bols, comme celle de l'étude de Fabrigoule (1974) et celle de l'expérience 1 de la présente étude, où davantage des ressources attentionnelles sont sollicitées pour se souvenir des bols déjà vidés, le chien pourrait alors avoir recours à la règle de la divergence pour éviter une surcharge cognitive.

L'objectif de l'expérience 2 est de vérifier si une réduction de la charge cognitive par rapport à la condition 1 de l'expérience 1 de la présente étude, par le biais d'une diminution du nombre de cibles, induira un comportement aléatoire chez les sujets. Ainsi, dans l'expérience 2, trois cibles ont été utilisées, avec la même déviation angulaire inter-cibles (23°) que celle de la condition 1 de l'expérience 1. L'hypothèse de la charge cognitive prédit donc que les chiens devraient utiliser un comportement aléatoire pour résoudre la tâche, tandis que l'hypothèse de la discrimination, strictement définie en termes de distance ou de déviation angulaire inter-cibles, prédit que les chiens devraient utiliser la divergence puisque les angles de déviation sont identiques à ceux de la condition 1 de l'expérience 1.

Par ailleurs, d'autres résultats de l'expérience 1 ayant indiqué que le nombre d'erreurs n'était pas différent d'un niveau de divergence à l'autre ont permis de constater que l'hypothèse de la discrimination, telle que suggérée par Fabrigoule (1974), n'est pas appuyée. Toutefois cette conclusion est nuancée par le fait que les chiens ont évité d'utiliser les patrons de niveau 2, rendant les erreurs plus difficiles à détecter. Une solution pour assurer une meilleure détection des erreurs est de placer les chiens dans une situation à choix forcé, soit avec uniquement deux bols. L'hypothèse de la discrimination implique que les sujets devraient faire davantage d'erreurs lorsque les cibles sont rapprochées entre elles que lorsqu'elles sont éloignées. Le second objectif de l'expérience 2 est donc de vérifier cette hypothèse.

3.1 Méthodologie

Sujets. Huit chiens ont participé à l'expérience 2, 5 femelles et 3 mâles. L'âge moyen est de 3.9 ans (écart type : 3.4 ans). Un des sujets a participé à l'expérience 1 (il y a eu un délai d'un an entre les expériences 1 et 2), et les sept autres sujets étaient naïfs.

Matériel. Le matériel utilisé est le même que celui utilisé dans l'expérience 1, à la différence que pour l'expérience 2, 3 bols ont été utilisés pour la condition 1, et 2 bols pour les conditions 2 et 3.

Procédure

Conditions. Pour la condition 1, trois bols sont placés en éventail face au point de départ et un angle de 23° sépare les bols adjacents, comme dans la condition 1 de l'expérience 1 de la présente étude. Deux variantes dans la configuration des cibles sont utilisées. Dans l'une, la distance point de départ-cibles est de 2m, comme dans l'expérience 1 de Dumas et Dorais-Pagé (2006). Dans l'autre, la distance point de départ-cibles est de 1,5m, comme dans l'expérience 1 de la présente étude. Afin de maintenir à 23° l'angle entre les cibles adjacentes dans les deux variantes, la distance inter-bols adjacents est de 80cm dans la variante 1, et de 60cm dans la variante 2. La moitié des sujets ont été testés dans la première variante (groupe 1) et l'autre moitié dans la seconde variante (groupe 2). La figure 3.1 illustre la condition 1 dans les deux variantes.

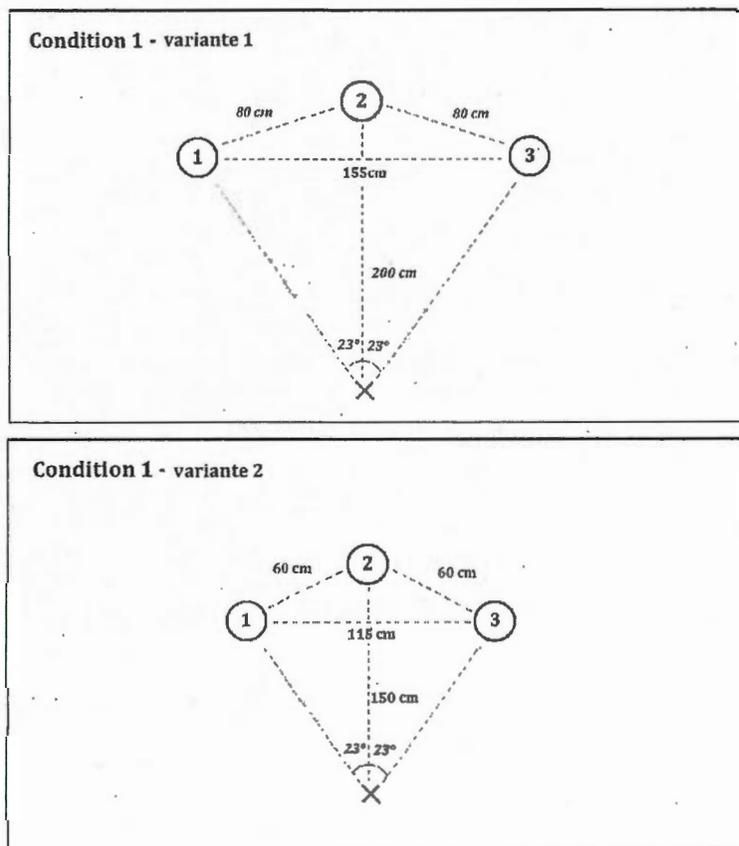


Figure 3.1 Condition 1, variantes 1 et 2

Pour les conditions 2 et 3, deux bols seulement sont présentés aux chiens. Pour la condition 2 (bols rapprochés) les bols sont séparés de 23° tandis que pour la condition 3 (bols éloignés), les bols sont séparés de 46° . Comme pour la condition 1, chacune des deux conditions comprend les deux mêmes variantes : pour la variante 1 la distance point de départ-cibles est de 2 m comme dans l'expérience 1 de Dumas et Dorais-Pagé (2006) et dans la variante 2 elle est de 1.5m comme dans l'expérience 1 de la présente étude (voir figures 3.2 et 3.3). Encore une fois, la moitié des sujets sont soumis à la variante 1 et l'autre moitié à la variante 2.

Il est à noter que pour la condition 2, la position du bol 1 (à droite ou à gauche du bol 2) a été contrebalancée lors des essais expérimentaux.

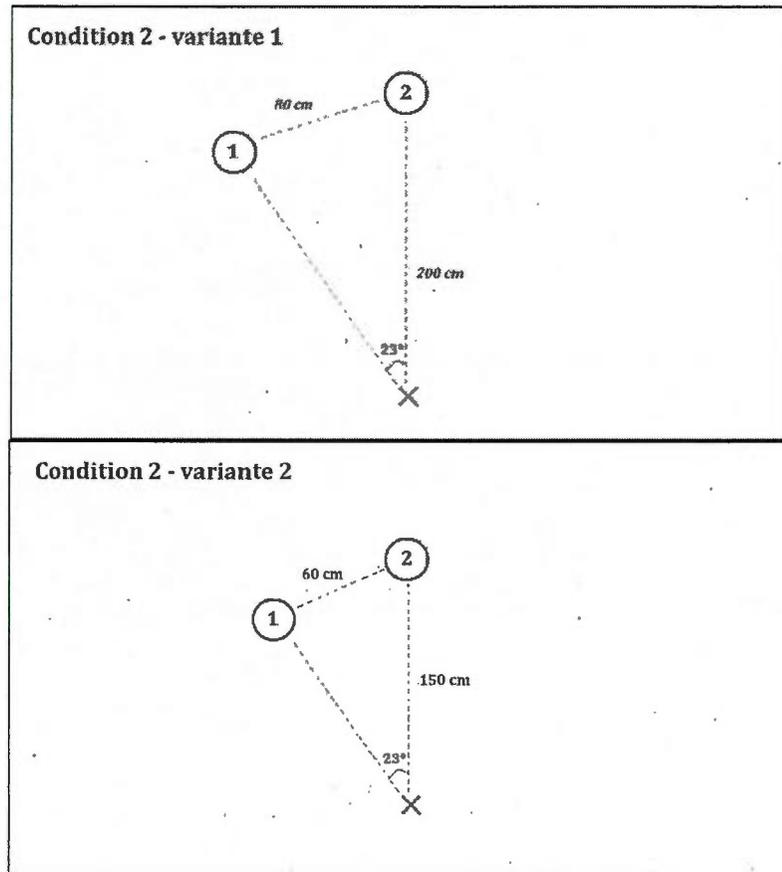


Figure 3.2 Condition 2, variante 1 et 2

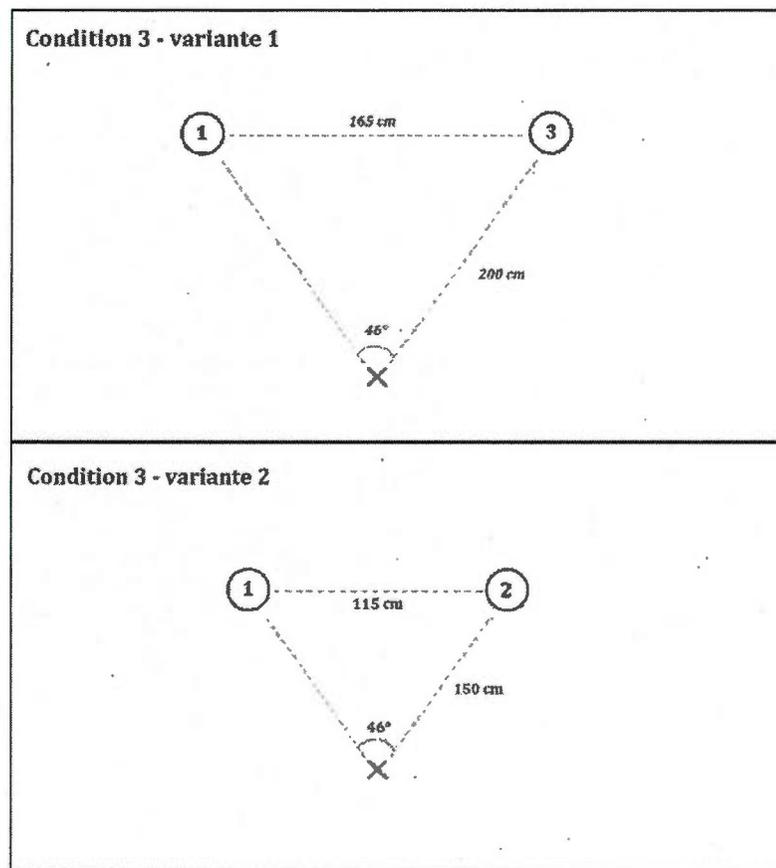


Figure 3.3 Condition 3, variantes 1 et 2

Chaque sujet est testé dans les trois conditions expérimentales.

Entraînement. La procédure pour les sessions d'entraînement est la même que celle de l'expérience 1. Les huit sujets ont complété l'entraînement en deux sessions, espacées d'une période allant de 1 à 18 jours selon les disponibilités des propriétaires.

Essais expérimentaux. Les sessions d'essais expérimentaux ont débuté entre 5 et 14 jours suivant l'entraînement, selon les disponibilités des propriétaires. La procédure est la même que celle de l'expérience 1 à l'exception des deux essais de rappel qui n'ont pas été administrés pour l'expérience 2. Ces deux essais ont été éliminés pour deux raisons. Premièrement, lors de l'expérience 1, il a été observé que tous les sujets ont réussi avec

facilité 10 essais sur 10 à la 2^e session d'entraînement. Deuxièmement tous les sujets ont également réussi les deux essais de rappel. Ces deux essais se sont donc avérés superflus et ont été éliminés pour l'expérience 2.

Ensuite, les sujets ont effectué 10 essais de chaque condition, pour un total de 30 essais. L'ordre d'administration des 30 essais a été déterminé de manière aléatoire pour chaque sujet. Les critères de réussite sont les mêmes que pour l'expérience 1. Sept sujets ont complété les 30 essais en une session, et 1 sujet les a complétés en 2 sessions espacées de 9 jours.

3.2 Résultats

Pour cette expérience, les résultats de la condition 1 ont été analysés séparément de ceux des conditions 2 et 3.

Condition 1.

Comme pour l'expérience 1, la divergence a été mesurée par le biais des patrons d'élimination (l'ordre dans lequel les bols sont vidés). Afin d'analyser les données en termes de niveaux de divergence tout comme dans l'expérience 1, nous avons procédé avec les mêmes étapes.

1. Calcul des scores de divergence

La condition 1 comprenant 3 bols, il existe 6 patrons d'élimination possibles. Pour cette condition, il n'y a que deux distances à considérer, soit celle séparant les bols adjacents (bol 1- bol 2 et bol 2-bol 3) qui est de 80cm dans la variante 1 et de 60cm dans la variante 2, et celle séparant les bols des deux extrémités (bol 1-bol 3), qui est de 155cm dans la variante

1 et de 115cm dans la variante 2. La valeur de 1 unité a été attribuée à la distance séparant les bols adjacents, et la valeur de 2 unités a été attribuée à la distance séparant les deux bols extrêmes (voir figure 3.4). Ainsi, pour cette expérience, une unité de divergence n'a pas la même valeur en termes de distance réelle en centimètres selon la variante, mais l'angle de déviation reste le même.

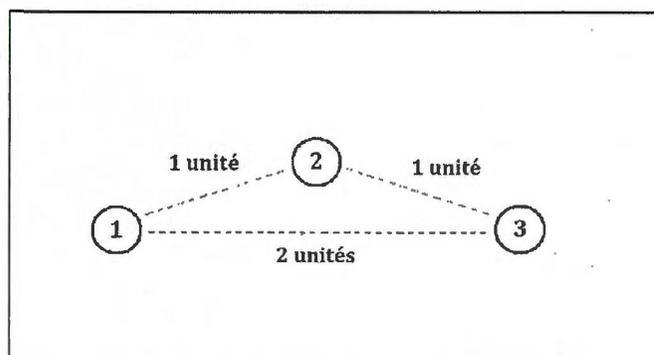


Figure 3.4 Condition 1 : unités de divergence

Le tableau 3.1 présente les scores de divergence attribués aux 6 patrons d'élimination ainsi que les distances réelles y correspondant selon la variante.

Tableau 3.1
Scores de divergence et distance réelle pour chaque patron d'élimination dans la condition 1

Patron d'élimination	Score de divergence	Distance réelle	
		Variante1	Variante 2
1-2-3	2	160 cm	120 cm
3-2-1	2	160 cm	120 cm
1-3-2	3	235 cm	175 cm
2-1-3	3	235 cm	175 cm
2-3-1	3	235 cm	175 cm
3-1-2	3	235 cm	175 cm

2. Niveaux de divergence

Étant donné qu'il y a seulement 2 scores de divergence possibles, soit 2 ou 3 unités, il n'y a que deux niveaux de divergence possibles. Le niveau 1 (score de 2) comprend les patrons d'élimination 1-2-3 et 3-2-1 correspondant à un balayage gauche-droite et droite-gauche; ce qui répond à la règle de la moindre distance. Le niveau 2 (score de 3) comprend les quatre autres patrons d'élimination répondant à la règle de la divergence.

3. Transformation des données

Les deux niveaux de divergence n'ont pas une chance équivalente d'être choisis puisqu'ils ne comprennent pas le même nombre de patrons d'élimination. Ainsi, tout comme dans l'expérience 1, pour chaque sujet, à chacun des niveaux pour chacune des conditions, la fréquence attendue a été soustraite de la fréquence obtenue. Le tableau 3.2 présente les données obtenues sur les 10 essais administrés dans cette condition, ainsi que ces données transformées.

Tableau 3.2
Résultats sur 10 essais et données transformées

		Groupe 1	Groupe 2
Niveau 1	Fréquence moyenne sur 10 essais	3,25	2,25
	Donnée transformée	-0,05	-1,05
	Écart type	2,63	1,89
Niveau 2	Fréquence moyenne sur 10 essais	6,75	7,75
	Donnée transformée	0,05	1,05
	Écart type	2,63	1,89

Une ANOVA à mesures répétées 2 x 2 a été effectuée sur les données transformées, avec le niveau de divergence comme variable intra-sujets, et le groupe comme variable inter-sujets. Les résultats indiquent que ni le niveau de divergence, $F(1,6) = .46$, ni le groupe, $F(1,6) = .38$, n'ont d'effet significatif.

Pour le niveau 2, afin de vérifier si certains patrons d'élimination ont été privilégiés par les sujets, un test-t a été effectué pour comparer la fréquence moyenne des patrons débutant par un bol externe à celle des patrons débutant par le bol interne. Les résultats indiquent une différence significative entre les moyennes, les patrons débutant par le bol interne ($M= 4.75$, $ET = 0.93$) étant choisis plus souvent que les patrons débutant par un bol externe ($M= 2.50$, $ET = 2.05$), $t(7) = 2.75$, $p = .029$.

Une analyse des erreurs a été effectuée pour vérifier si les erreurs étaient commises envers un ou des bols en particulier. Une ANOVA à mesures répétées a été conduite sur le nombre d'erreurs, avec la position du bol (gauche, intermédiaire, droite) comme variable intra-sujets, et le groupe comme variable inter-sujets. Les résultats indiquent que ni l'effet de la position des bols n'est significatif, $F(2,12) = .791$, $p > .05$, ni l'effet de groupe, $F(1,6) = 3.984$, ni l'effet d'interaction position x groupe, $F(2,12) = .688$. Le tableau 3.3 présente les statistiques descriptives des erreurs selon la position du bol.

Tableau 3.3
Statistiques descriptives des erreurs selon la position des bols

Position du bol	Groupe 1		Groupe 2	
	Moyenne	Écart type	Moyenne	Écart type
Gauche	4,75	2,06	1,25	0,96
Intermédiaire	5,5	4,12	4,00	3,56
Droite	5,25	5,12	1,25	1,5

Enfin, il été vérifié de quelle manière les erreurs se distribuent à travers les niveaux de divergence. Pour chaque sujet, un ratio d'erreurs a été calculé en faisant le rapport entre le nombre d'erreurs pour un niveau donné et la fréquence à laquelle les patrons de ce niveau ont été choisis. Une ANOVA à mesures répétées a été effectuée sur ces ratios, en utilisant les 3 types de patrons : les patrons de niveau 1, les patrons de niveau 2 débutant par le bol interne, et les patrons de niveau 2 débutant par un bol externe. Le résultat ne montre pas d'effet significatif du niveau sur le ratio d'erreurs, $F(2,14) = 2.06$. Ainsi, les sujets n'ont pas fait davantage d'erreurs, toutes proportions gardées, dans un niveau que dans l'autre. Le tableau 3.4 présente les statistiques descriptives pour les ratios d'erreurs.

Tableau 3.4
Statistiques descriptives des ratios d'erreurs selon le niveau de divergence

	Moyenne	Écart type
Niveau 1	1,08	0,77
Niveau 2 – bol interne	0,81	0,66
Niveau 2 – bol externe	1,55	1,33

Conditions 2 et 3.

Les conditions 2 et 3 devaient permettre de vérifier si les chiens faisaient davantage d'erreurs lorsque les deux bols étaient plus rapprochés entre eux (condition 2) que lorsqu'ils étaient plus éloignés (condition 3). Rappelons que chacune de ces conditions a été présentée en deux variantes, la moitié des sujets (groupe 1) étant soumis à la variante 1 et l'autre moitié (groupe 2) à la variante 2.

Une ANOVA à mesures répétées 2 x 2 a été effectuée sur le nombre d'erreurs, avec la condition comme variable intra-sujets et le groupe comme variable inter-sujets. Les résultats révèlent un effet principal significatif de la variable condition, $F(1,6) = 7.513$, $p = .034$.

Ainsi, le nombre d'erreurs est significativement plus élevé dans la condition 2 (bols rapprochés) que dans la condition 3 (bols éloignés) (voir tableau 3.5). La variable groupe n'a pas d'effet significatif. L'analyse indique par ailleurs un effet d'interaction significatif entre la condition et le groupe, $F(1,6) = 6.313, p = .046$. Plus précisément, dans la condition 2, les sujets du groupe 1 (bols séparés de 80cm) ont effectué significativement plus d'erreurs que les sujets du groupe 2 (bols séparés de 60cm). Ce dernier résultat peut sembler surprenant puisqu'on aurait plutôt dû s'attendre à observer davantage d'erreurs dans le groupe 2 où les bols sont plus rapprochés, ce qui n'est pas le cas ici. Afin de mieux comprendre la nature de cette interaction, la performance individuelle des sujets a été examinée. Le tableau 3.6 rapporte ces résultats.

Tableau 3.5
Statistiques descriptives du nombre d'erreurs selon la condition et le groupe

	Condition 2		Condition 3	
	Moyenne	Écart type	Moyenne	Écart type
Groupe 1	7.25	5.32	1.50	1.73
Groupe 2	2.25	1.26	2.00	1.16

Tableau 3.6
Nombre d'erreurs effectuées par sujet selon la condition et le groupe

Sujet	Condition 2	Condition 3
	Groupe 1	
1	1	0
2	13	3
3	10	3
4	5	0
Groupe 2		
5	1	3
6	4	1
7	2	1
8	2	3

Pour la condition 2, on peut voir que les sujets 2 et 3 se démarquent des autres sujets pour le nombre d'erreurs effectuées, avec 13 et 10 erreurs respectivement, ce qui explique la moyenne élevée pour le groupe 1 ($M= 7,25$). Si on considère la performance des six autres sujets sans tenir compte du groupe, le nombre d'erreurs se situe entre 1 et 5 erreurs pour cette condition. L'impact des scores des sujets 2 et 3 sur les résultats sera discuté plus loin. Il est à noter par ailleurs que ces deux mêmes sujets sont ceux qui ont effectué le plus d'erreurs dans la condition 1.

3.3 Discussion

L'expérience 2 avait deux objectifs. Le premier était de vérifier l'hypothèse selon laquelle une réduction de la charge cognitive, par rapport à la condition 1 de l'expérience 1 de la présente étude, induirait un choix aléatoire des cibles. Le second était de vérifier l'hypothèse de la discrimination dans une situation de choix forcé.

Pour la condition 1, les résultats ont montré que les patrons correspondant à la divergence (niveau 2) n'ont pas été choisis, toute proportion gardée, plus souvent que les patrons correspondant à la moindre distance (niveau 1). Il apparaît donc que, contrairement à ce qui a été observé dans l'expérience 1 de la présente étude, les chiens n'ont pas eu recours à la règle de la divergence pour résoudre la tâche dans cette situation. Toutefois, une analyse secondaire effectuée sur les patrons de niveau 2 a montré que les sujets ont privilégié les patrons d'élimination débutant par le bol intermédiaire. Le choix des cibles n'a donc pas été effectué de manière totalement aléatoire. Ces résultats appuient partiellement l'hypothèse de la charge cognitive puisque les chiens n'ont pas utilisé la règle de la divergence, mais sans non plus adopter un comportement aléatoire. L'hypothèse de la discrimination n'est quant à elle pas appuyée par ces résultats.

Bref, la diminution du nombre de cibles par rapport à l'expérience 1 de la présente étude a réduit l'utilisation de la divergence, montrant ainsi que le nombre de cible en soi aurait un rôle à jouer dans l'application de cette règle. Il demeure qu'à la différence de ce qui a été observé dans l'expérience 1 de Dumas et Dorais-Pagé (2006), où 3 cibles ont également été utilisées et dans laquelle les patrons d'élimination ont été choisis de manière aléatoire, certains patrons d'élimination ont été choisis plus souvent que les autres. Il est à noter qu'une sélection aléatoire des cibles dans l'expérience 1 de Dumas et Dorais-Pagé fait référence au fait que le choix aléatoire s'applique autant entre les niveaux de divergence qu'à l'intérieur de chacun de ces niveaux.

Il semble donc qu'un autre élément, outre le nombre de cibles, influencerait le choix des sujets. Si l'on compare les situations expérimentales des deux études, on constate que le seul élément qui les distingue est la déviation angulaire inter-cibles, qui est de 33° dans l'expérience de Dumas et Dorais-Pagé et de 23° dans la présente expérience. Cette rigidité dans la prise de décision des chiens dans la présente expérience serait donc attribuable à un petit angle de déviation. Ces résultats vont dans le sens de l'hypothèse de la discrimination, mais pourraient aussi être expliqués par l'hypothèse de la charge cognitive. Ainsi, une charge cognitive allégée diminuerait l'utilisation de la divergence au profit d'un comportement tendant vers un choix aléatoire comme celui observé dans l'expérience 1 de Dumas et Dorais-Pagé (2006).

À la lumière des présents résultats, il apparaît toutefois que l'application de la divergence ne semble pas être un processus obéissant au principe du « tout ou rien », où le comportement des chiens se limiterait à soit de la divergence, soit un comportement aléatoire. En effet, le résultat indiquant que les chiens de la présente expérience ont privilégié certains patrons pour le niveau 2 indique un comportement se situant entre les deux, ni divergent ni aléatoire. Ceci suggère une forme de gradation dans la prise de décision du chien allant du choix aléatoire à l'application de la divergence maximale; entre les deux on retrouverait une prise de décision plus rigide manifesté par le choix de certains patrons en particulier, comme

ce qui a été observé dans la présente expérience. Autrement dit, une augmentation de la charge cognitive aurait pour effet de diminuer la flexibilité cognitive, qui se traduit par un choix non-aléatoire des cibles (Guillou-Ouellette, 2011).

Chez le chien, un comportement semblable a pu être observé dans une étude récente de LeBlanc et Dumas (en préparation) portant sur une autre règle cognitive, la règle de la visibilité. Dans cette étude, les chiens ont été soumis à une TEP à 3 bols équidistants du point de départ et à distance égale entre les bols adjacents, dont certains étaient cachés par un panneau opaque et les autres laissés visibles. Les résultats ont montré que lorsque le bol intermédiaire se distinguait des autres bols en étant le seul visible ou le seul caché, les chiens utilisaient la règle de la visibilité et choisissaient de façon aléatoire entre les deux cibles équivalentes. Par contre, lorsque l'une des deux cibles externes était distincte et cachée, la règle de la visibilité n'était que partiellement appliquée, et/ou le choix aléatoire entre les cibles équivalentes visibles n'était plus appliqué. Enfin, un autre résultat a montré que lorsque l'une des deux cibles externes était distincte et visible, les chiens n'ont pas du tout appliqué la règle de la visibilité. LeBlanc et Dumas (en préparation) expliquent le non-respect de la règle de la visibilité et la rigidité entre les deux cibles équivalentes en termes de conflit cognitif dans lequel les chiens porteraient attention à plusieurs éléments à la fois. Ils suggèrent qu'un tel conflit attentionnel diminuerait la flexibilité cognitive de l'animal dans le processus de prise de décision, l'amenant à contraindre son choix.

Bien que les circonstances soient différentes entre l'étude de LeBlanc et Dumas (en préparation) et celles de la présente expérience, il reste que dans les deux cas on peut constater un processus semblable dans la prise de décision du chien : selon les conditions, le comportement du chien peut varier entre l'utilisation d'une règle cognitive (i.e. la règle de la visibilité ou la règle de la divergence) et la recherche aléatoire, entre lesquels on retrouve un comportement intermédiaire où le choix des patrons ne correspond ni à l'un ni à l'autre tout en étant plus systématique (i.e. contrainte dans le choix des patrons).

Ainsi, un conflit cognitif serait un autre élément, outre le nombre de cibles et l'angle de déviation inter-cibles, pouvant moduler la charge cognitive du chien et influencer son comportement. Ceci viendrait appuyer l'hypothèse suggérée plus haut d'une forme de gradation dans la prise de décision du chien selon le « poids » de la charge cognitive, dont une certaine rigidité dans le choix d'élimination des cibles se situerait quelque part entre le comportement aléatoire et le comportement de divergence.

Le fait que les chiens aient choisi plus souvent les patrons débutant par le bol interne peut faire penser à la notion de stéréotypie à laquelle Lachman faisait référence dans ses études sur les rats (Lachman et Brown, 1957; Lachman, 1965 et 1969), i.e. « le choix d'un même parcours pendant plusieurs essais consécutifs », sans toutefois l'avoir observée. Il reste que dans la présente expérience, les chiens n'ont pas fait de stéréotypie au sens suggéré par Lachman, puisqu'on parle ici de deux patrons d'élimination choisis plus souvent plutôt que d'un seul patron systématiquement choisi à chaque essai.

En ce qui concerne l'analyse des erreurs, le ratio d'erreurs n'est pas plus élevé dans un niveau que dans l'autre, peu importe le groupe. Tout comme pour l'expérience 1 de la présente étude, ces résultats semblent infirmer à la fois l'hypothèse de la discrimination et l'hypothèse de la charge cognitive puisque toutes deux prédisent que les chiens devraient faire moins d'erreurs lorsqu'ils choisissent des patrons d'élimination correspondant à la divergence (soit de niveau 2). Nous y reviendrons en discussion générale.

Le second objectif de l'expérience 2 était de vérifier, dans une situation de choix forcé, s'il existe chez les sujets une difficulté à distinguer les cibles entre elles, comme l'a suggéré Fabrigoule (1974) pour expliquer le comportement de divergence. On a donc supposé que les sujets devraient faire plus d'erreurs dans une situation où les cibles sont rapprochées (condition 2) que lorsqu'elles sont plus éloignées (condition 3).

Les résultats ont montré que les chiens ont fait plus d'erreurs lorsque les bols étaient rapprochés. Ce résultat va dans le sens de l'hypothèse selon laquelle il y aurait une confusion entre les cibles. Cependant l'interaction retrouvée entre la condition et le groupe, à savoir que dans la condition 2 les sujets du groupe 1 (bols séparés de 80cm) ont fait plus d'erreurs que les sujets du groupe 2 (bols séparées de 60cm) amène à nuancer cette interprétation. En effet, le nombre d'erreurs élevé effectuées par les sujets 2 et 3 par rapport aux autres sujets contribuent à augmenter la moyenne d'erreurs dans la condition 2 de manière significative. Une analyse descriptive a permis de noter que ces deux sujets sont aussi ceux qui ont fait le plus d'erreurs dans la condition 1. Il n'est pas clair si le nombre d'erreurs élevé pour ces deux chiens est dû à des facteurs individuels ou circonstanciels, on peut cependant supposer que sans la présence de ces sujets, les résultats n'auraient pas permis de constater à une différence significative entre les conditions 2 et 3. Ainsi, il est difficile de conclure si les résultats obtenus appuient l'hypothèse de la discrimination entre les cibles.

CHAPITRE IV

DISCUSSION GÉNÉRALE

La présente étude avait deux objectifs principaux : d'une part, clarifier les conditions dans lesquelles la règle de la divergence est utilisée, et d'autre part, apporter des précisions quant à certaines interprétations suggérées pour expliquer la divergence.

Les résultats de cette étude ont permis de préciser certaines conditions dans lesquelles apparaît la divergence. On a vu dans l'expérience 1 que la divergence apparaissait de manière spontanée, avec une procédure sans auto-correction, dans une situation à 4 cibles séparées par de petits angles de déviation. On a aussi vu que le fait de rendre ces angles inégaux (conditions 2, 3 et 4) n'augmentait pas l'utilisation de la divergence, qui restait constante dans toutes les conditions. L'expérience 2 a permis d'observer que la réduction du nombre de cibles à 3 a eu pour effet de réduire l'utilisation de la divergence (condition 1). En fait, les sujets n'ont pas eu recours à cette règle pour résoudre la tâche puisque les patrons d'élimination de niveau 1, correspondant à la règle de la moindre distance, ont été utilisés proportionnellement aussi souvent que les patrons de niveau 2, correspondant à la règle de la divergence. Cependant les choix n'ont pas été totalement aléatoires car il a été constaté que pour les patrons de niveau 2, les sujets ont manifesté une préférence pour les patrons débutant par le bol interne.

Un des constats de cette étude est que la réduction du nombre de cibles diminue l'utilisation de la règle de la divergence. D'autres études ont cherché à voir de quelle manière la modification du nombre de cibles affectait le comportement de recherche de l'animal. Dans une expérience de Olton et Samuelson (1976), des rats ont été testés dans un labyrinthe radial à 8 bras à l'extrémité desquels un morceau de nourriture était placé. Les sujets étaient

libres de vider les cibles dans n'importe quel ordre et une procédure avec auto-correction a été utilisée. Les résultats ont montré que pour résoudre la tâche, les rats n'ont semblé avoir recours à aucune stratégie en particulier ni à aucun type d'indice intra-labyrinthe, selon un choix qui semblait aléatoire. Les auteurs ont associé ce comportement au phénomène d'alternance spontanée, voulant qu'un même chemin ne soit pas répété. Aussi, les auteurs ont observé que les rats adoptaient souvent un trajet horaire ou anti-horaire en choisissant le bras situé à 90° du dernier choix, sans toutefois donner d'explication pour ces comportements. On peut néanmoins souligner que dans un labyrinthe radial à 8 cibles, le choix d'une cible à 90° du dernier choix effectué implique de sauter un bras, ce qui constitue au sens de la présente étude un comportement de divergence. Dans une autre étude de Olton, Collison et Werz, (1977) où le nombre de bras a été augmenté à 17, il est apparu que les deux comportements observés dans le labyrinthe à 8 bras se sont manifestés, mais de manière plus marquée. Bien que les auteurs n'élaborent pas davantage sur ces comportements, on peut souligner que le fait d'avoir ajouté des cibles a entraîné une augmentation de l'utilisation de la divergence par rapport la tâche à 8 bras. Ces résultats viennent appuyer le constat que le nombre de cibles influence l'implantation de la règle de la divergence.

Bien que nous ayons suggéré que ce soit le nombre de cibles qui influence la divergence, il faut souligner que dans l'étude de Olton et al. (1977), l'augmentation du nombre de cibles entraîne par le fait-même une réduction des angles de déviation inter-cibles. Dans cette étude les deux variables (i.e. le nombre de cibles et l'angle de déviation inter-cibles) sont donc confondues. Il devient alors difficile de départager l'impact de l'une et l'autre sur la prise de décision. Les résultats de l'expérience 1 de la présente étude ont indiqué que la modulation des angles de déviation n'a pas eu d'impact sur le comportement des sujets. Toutefois les conditions expérimentales 2, 3 et 4 diffèrent de la condition contrôle (condition 1) en ce qu'elles constituent des situations de jugement relatif. Or, comme mentionné dans la discussion de l'expérience 1, il n'est pas clair quels éléments, absolus ou relatifs, ont été pris en considération par les chiens lors de la prise de décision. Les résultats de l'expérience 2 permettent toutefois de supposer que, dans une situation de jugement absolu, l'angle de déviation a aussi un effet sur la prise de décision puisque pour un même

nombre de cibles (i.e. trois), les chiens ont manifesté un comportement plus rigide (i.e. choisir plus souvent un type de patron particulier) lorsque la déviation angulaire était de 23° (condition 1 de l'expérience 2 de la présente étude) que lorsqu'elle était de 33° (expérience 1 de Dumas et Dorais-Pagé, 2006).

En somme, l'implantation de la divergence semble être fonction à la fois du nombre de cibles et de la déviation angulaire, et ces deux éléments sont interdépendants. Ce constat nous amène donc à remettre en question l'hypothèse de la discrimination telle que présentée par Fabrigoule (1974) dont le paramètre de base influençant l'utilisation de divergence est la distance inter-cibles (déviation angulaire).

D'autres résultats de la présente étude vont aussi à l'encontre de l'hypothèse de la discrimination. Dans l'expérience 1, le fait d'avoir observé la divergence dans une condition semblable à celle de l'étude de Fabrigoule (condition 1) pourrait appuyer l'hypothèse de la discrimination telle que Fabrigoule l'entend : tout comme dans l'expérience de Fabrigoule, les cibles étaient au nombre de quatre et séparées par de petits angles de déviation. Toutefois cette hypothèse n'explique pas pourquoi les chiens n'ont pas eu recours à la divergence dans la condition 1 de l'expérience 2. Puisque la déviation angulaire entre les cibles était la même que celle de l'expérience 1 (condition 1), l'hypothèse de la discrimination prédisait que les chiens auraient dû utiliser la divergence comme ils l'ont fait dans l'expérience 1. En outre, dans les deux expériences, l'analyse des erreurs indique que le nombre d'erreurs était équivalent pour tous les niveaux de divergence alors que l'hypothèse de la discrimination prédisait que les erreurs auraient dû être moins fréquentes lorsque les chiens utilisaient les patrons divergents.

Enfin, l'expérience 2 de Dumas et Dorais-Pagé (2006) a permis d'observer que la divergence peut apparaître lorsqu'il y a seulement 3 bols et que les angles de déviation apparaissent suffisamment grands bien qu'inégaux. L'hypothèse de la discrimination telle

que décrite par Fabrigoule (1974) ne semble donc pas pouvoir expliquer la divergence dans cette expérience.

Bref, l'hypothèse de la discrimination telle que formulée par Fabrigoule (1974) ne permet pas d'expliquer les résultats de la présente étude, ni ceux de l'expérience 2 de Dumas et Dorais-Pagé (2006). Une autre explication est donc nécessaire afin de rendre compte des présents résultats.

Nous avons proposé l'hypothèse selon laquelle la divergence pourrait être déclenchée lorsqu'une charge cognitive assez lourde est posée par divers éléments de la situation expérimentale (hypothèse de la charge cognitive). Ces éléments, dont le nombre de cibles et la déviation angulaire inter-cibles, seraient alors considérés comme des paramètres qui, parmi d'autres, peuvent moduler la charge cognitive du chien et influencer la prise de décision de l'animal.

L'hypothèse de la charge cognitive pourrait expliquer les résultats de l'expérience 1. Comme nous l'avons déjà suggéré, il est possible que les éléments de la condition 1, soit quatre cibles et/ou des angles de déviation suffisamment petits, soient suffisants pour engendrer une surcharge cognitive chez l'animal de manière à déclencher la règle de la divergence. L'hypothèse de la charge cognitive apparaît également plausible pour rendre compte des résultats de l'expérience 2 (condition 1) : la réduction du nombre de cibles à trois aurait permis de poser une charge cognitive en deça du seuil de surcharge cognitive.

L'hypothèse de la charge cognitive semble également pouvoir s'appliquer aux résultats de l'expérience 2 de Dumas et Dorais-Pagé (2006); comme on l'a déjà suggéré, il est possible que le nombre de cibles inégal de part et d'autre de l'axe corporel de l'animal ou les angles de déviation inter-cibles inégaux soient des éléments qui alourdissent suffisamment la

charge cognitive des sujets pour induire la divergence. A cet effet, les résultats d'une étude récente (LeBlanc et Dumas 2, en préparation) ont montré que les angles de déviation inter-cibles inégaux influencent la prise de décision des chiens. Quoiqu'il en soit, l'hypothèse de la charge cognitive semble mieux expliquer les résultats que l'hypothèse de la discrimination.

Bien que l'hypothèse de la charge cognitive puisse mieux expliquer l'ensemble des données empiriques que l'hypothèse de la discrimination de Fabrigoule (1974) il faut mentionner que dans la discussion de son étude de 1974, Fabrigoule évoque que l'augmentation du nombre de cibles rend probablement la discrimination plus difficile, sans toutefois inclure ce constat dans son interprétation. L'hypothèse de la discrimination « révisée » inclurait donc le paramètre du nombre de cibles et permettrait d'expliquer les données empiriques aussi bien que l'hypothèse de la charge cognitive.

Cependant, une étude récente de Guillou-Ouellette (2011) semble appuyer l'hypothèse de la charge cognitive. Cette étude avait pour but de vérifier l'impact de la visibilité des cibles sur la prise de décision du chien. Les auteurs se sont basés sur des études ayant démontré que la flexibilité comportementale de l'animal était diminuée lorsque les cibles n'étaient pas visibles du point de départ (Chapuis, Thinus-Blanc et Poucet, 1983; Dumas, St-Louis et Routhier, 2006), pour suggérer que la non-visibilité des cibles aurait pour effet d'augmenter la charge cognitive. Dans leur expérience, ils ont utilisé le même dispositif expérimental que celui de l'expérience 1 de Dumas et Dorais-Pagé (2006) où les chiens avaient vidé les cibles de façon aléatoire. Toutefois, dans l'étude de Guillou-Ouellette, chacune des trois cibles était cachée derrière un panneau opaque que les sujets devaient contourner pour accéder à la nourriture. L'auteure a cherché à vérifier l'hypothèse selon laquelle l'augmentation de la charge cognitive par le biais de la non-visibilité des cibles aurait activerait la règle de la divergence. Les résultats ont montré que les chiens ont effectivement vidé les cibles en utilisant la divergence, appuyant ainsi l'hypothèse de départ. Ce résultat ne pourrait pas être expliqué par l'hypothèse de la discrimination « révisée »

puisque d'une part la situation compte 3 cibles, et d'autre part les cibles étaient séparées par des angles de déviation suffisamment grands (33°).

En somme, si l'on prend en considération les données empiriques antérieures, l'hypothèse de la charge cognitive semble mieux rendre compte des résultats de la présente expérience.

Un autre constat de la présente étude est que, dans les deux expériences, le ratio d'erreurs effectuées n'est pas plus élevé dans un niveau de divergence que dans l'autre, toutes proportions gardées, contrairement à ce que prédisaient l'hypothèse de la discrimination et l'hypothèse de la charge cognitive. Dans le contexte du comportement spontané, qui implique une prise de décision rapide, l'animal doit tenir compte de deux éléments; soit le risque de faire une erreur et le temps pris pour résoudre la tâche. Une prise de décision idéale serait de vider les cibles en prenant le moins de temps possible tout en faisant le moins d'erreurs possible. Or, plus la charge cognitive augmente, plus le risque d'erreurs augmente aussi. Il existe alors deux possibilités pour éviter la surcharge cognitive et maintenir une efficacité dans la résolution de la tâche : soit prendre davantage de temps pour effectuer les choix afin de réduire le nombre d'erreurs, soit privilégier une prise de décision la plus rapide possible au détriment du nombre d'erreurs commises. Puisque les résultats indiquent que le nombre d'erreurs ne diminue pas lors de l'utilisation de la divergence, il semble que les chiens optent pour la seconde possibilité, c'est-à-dire qu'ils ne tiendraient pas compte du risque d'erreurs pour privilégier plutôt l'économie de temps. Le recours à la divergence permettrait de libérer de l'espace cognitif afin de pouvoir mobiliser d'autres ressources pour résoudre la tâche.

Il faut souligner que cette explication pourrait tout aussi bien s'appliquer à l'hypothèse de la discrimination telle que présentée par Fabrigoule (1974). Une réduction de la distance (ou déviation angulaire) inter-cibles présente en soi une augmentation de la charge cognitive, et l'utilisation de la divergence permettrait, comme l'a suggéré Fabrigoule, de faciliter le rappel des cibles non-visitées.

En ce qui a trait à la causalité distale, on peut se référer à l'approche écologique qui offre des interprétations pertinentes de ce point de vue. Selon cette approche, l'histoire évolutive des espèces aurait amené les animaux à développer des stratégies de survie en fonction des caractéristiques de leur habitat (e.g. la distribution des ressources, le risque de prédation) (Valsecchi et al., 2000). En ce qui concerne les stratégies de recherche de nourriture, deux stratégies en particulier ont été mises de l'avant par les auteurs, soit la stratégie « win-shift » (aussi appelée l'alternance spontanée, dont nous avons déjà fait état plus tôt) qui consiste à éviter de retourner à un site de nourriture déjà visité, et la stratégie « win-stay » qui consiste à y retourner. Il est entendu selon l'approche écologique que l'utilisation de l'une ou l'autre de ces stratégies serait liée à l'alimentation des espèces. (Burke, Cieplucha, Cass, Russell et Fry, 2002; Olton et Schlosberg, 1978; Izumi, Tsuchida et Yamaguchi, 2013). En d'autres mots, l'animal adopterait ses stratégies de recherche selon la distribution des ressources de nourriture dans l'espace et le temps. Ainsi, la stratégie « win-stay » est adaptée pour des sources de nourriture qui s'accumulent et se renouvellent en un même endroit, tandis que la stratégie « win-shift » est adaptée lorsque les sources de nourritures sont épuisables ou dispersées dans l'espace (Olton et Schlosberg, 1978; Bicca-Marques, 2005).

Par exemple, les rongeurs auraient évolué dans des habitats caractérisés par des ressources de nourriture éparpillées et imprévisibles (Valsecchi et al., 2000), ce qui les amènerait à préférer la stratégie « win-shift » comme l'ont permis d'observer plusieurs études (Lachman et Brown, 1957; Lachman, 1965, 1969; Olton et Samuelson, 1976; Olton et al., 1977; Olton et Schlosberg, 1978). Certaines espèces de primates frugivores, tel le titi roux, le tamarin empereur et le tamarin à selle, se nourrissant dans des endroits où les ressources sont concentrées en un même endroits et renouvelables (e.g. arbres fruitiers, buissons) favoriseraient quant à eux la stratégie « win-stay » (Bicca-Marques, 2005).

Outre les rongeurs, l'utilisation préférentielle de la stratégie « win-shift » (ou alternance spontanée) par rapport à la stratégie « win-stay » a été observée chez plusieurs

espèces, dont le pigeon (Olson et Maki, 1983) le ouistiti (Izumi, Tsuchida et Yamaguchi, 2013), l'échidné à nez court (Burke, Cieplucha, Cass, Russell et Fry, 2002), ainsi que des espèces d'oiseaux nectarivores (Burke et Fulham, 2003; Sulikowski et Burke, 2007).

Chez le chien, une étude récente (Macpherson et Roberts, 2010) a permis d'observer une préférence des sujets pour la stratégie win-shift lors d'une expérience dans laquelle un labyrinthe radial à 8 bras a été utilisé. Deux groupes de chiens (le groupe « win-stay » et le groupe « win-shift ») devaient d'abord consommer la nourriture située dans 4 bras choisis au hasard, les 4 autres bras étant bloqués par des portes (phase 1). Ensuite, les chiens étaient retirés du labyrinthe pendant qu'un expérimentateur effectuait les manipulations suivantes : pour les chiens du groupe « win-stay », de la nourriture était placée aux 4 mêmes bras ayant été vidés lors de la première visite tandis que pour les chiens du groupe « win-shift », la nourriture étaient placée aux 4 bras qui n'avaient pas été visités, i.e. ceux qui étaient bloqués. Puis, les chiens étaient replacés au centre du labyrinthe dont tous les bras étaient ouverts (phase 2). Les résultats ont montré que les chiens du groupe « win-shift » sont entrés dans les bras contenant la nourriture plus tôt que ceux du groupe « win-stay ». Les chiens ont montré une préférence pour explorer les bras non-visités et ce, dès le début des essais de la phase 2. Autrement dit, ils ont utilisé la divergence de manière spontanée, tout comme les chiens de la présente étude, bien que dans des circonstances différentes. Les auteurs n'élaborent cependant pas sur la question de la causalité distale.

On peut toutefois tenter d'expliquer cette préférence des chiens pour la stratégie « win-shift » en se référant à certains aspects de son histoire évolutive. Les chiens appartiennent à la famille des canidés, classifiée dans l'ordre des carnivores (Bradshaw, 2006). Ils se nourrissent donc principalement de viande, bien qu'à la différence des carnivores dits « carnivores obligés » (e.g. le chat), ils puissent aussi subsister en consommant des aliments non-carnés (Dechambre, 1961). De manière générale, on peut dire que le régime carnivore implique que l'animal doive se déplacer à l'intérieur d'un territoire de chasse plus ou moins étendu afin de trouver du gibier. Dans ce contexte, il apparaît que la stratégie « win-shift » serait effectivement la plus adaptée selon l'approche écologique puisque le gibier représente une ressource variable à travers le temps et l'espace.

Par ailleurs, en termes de causalité distale, une autre interprétation a été proposée par Dumas et Dorais-Pagé (2006) pour expliquer le comportement de divergence étant apparu chez les chiens de leur expérience. Ils suggèrent que la divergence aurait une valeur adaptative dans le sens où, en tant que chasseur-coopératif, le fait d'être trop proche d'un congénère durant la chasse pourrait réduire les chances de succès. Cette interprétation fait référence à l'hypothèse de Gibson (1990) selon laquelle les chasseurs coopératifs doivent pouvoir prédire à la fois les mouvements de la proie et ceux de ses congénères, ce qui demande un traitement de l'information plus complexe par rapport à celui posé pour les chasseurs solitaires (e.g. les chats).

Cette hypothèse semble plausible dans le sens où il apparaît plus avantageux pour les prédateurs d'arriver de plusieurs côtés à la fois pour piéger la proie plutôt que d'attaquer de manière groupée, ce qui laisse plus de possibilités à la proie pour s'échapper. Cette stratégie implique donc en termes de distance que chaque membre de la meute soit assez éloigné des autres. Cependant l'élément en jeu selon cette interprétation de l'application de la divergence est la distance du sujet par rapport à ses congénères, tandis que la présente étude et les études antérieures mentionnées font état de paramètres liés à la (aux) cible(s) comme la distance inter-cibles et le nombre de cibles en soi. La divergence n'a jamais été étudiée dans le contexte où les congénères sont pris en considération dans le comportement de recherche de nourriture, on ne sait donc pas s'il s'agit du même processus que celui dont fait état la présente étude.

Il est possible que la règle de la divergence ne soit pas spécifique au comportement de recherche de nourriture, et qu'elle ait pu avoir une valeur adaptative pour d'autres comportements (e.g. la chasse) où d'autres éléments sont en jeu, mais cela reste à vérifier.

CONCLUSION

En conclusion, la présente étude a permis de répondre aux deux objectifs de départ, qui étaient de clarifier certaines conditions dans lesquelles apparaissait la règle de la divergence et d'apporter un éclairage sur certaines interprétations suggérées pour l'expliquer. Afin de répondre à ces objectifs, la tâche d'élimination progressive s'est avérée être un bon choix méthodologique.

Ainsi, de manière générale, les résultats de la présente étude ont permis de montrer, du point de vue de la causalité proximale, qu'une charge cognitive accrue notamment par le biais du nombre de cibles et la déviation angulaire inter-cibles, active la règle de la divergence chez les chiens. L'influence de ces deux éléments a pu être clairement établie par le fait de les avoir dissociés en faisant varier le nombre de bols tout en maintenant une déviation angulaire constante, ce qu'aucune étude antérieure n'a fait. Par ailleurs, les résultats de la présente étude permettent de supposer que la règle de la divergence ne semble pas répondre au principe du « tout ou rien », les animaux ajustant leur comportement selon la charge cognitive posée. On remarque aussi que les chiens de la présente étude, lorsqu'ils utilisaient la divergence, n'ont pas toujours systématiquement utilisé les patrons d'élimination les plus divergents. Autrement dit, ils n'ont pas toujours utilisé la divergence maximale, au sens où Lachman (1969) en parle, c'est-à-dire choisir sur plusieurs essais consécutifs des patrons d'élimination dont les choix successifs divergent entre eux de façon maximale. Cela soulève d'une part la question de savoir s'il serait possible d'observer une manifestation plus systématique de la divergence maximale, et si oui, dans quelles conditions on pourrait l'observer. D'autre part, le fait que les chiens n'aient pas utilisé exclusivement les patrons les plus divergents amène à réviser la définition de la divergence selon Lachman. À la lumière des présents résultats et de l'hypothèse de la charge cognitive ayant été proposée pour les expliquer, il apparaît plus approprié de parler de la divergence comme étant de la divergence optimale. En effet la divergence semble apparaître en réponse à une augmentation de la charge cognitive, permettant ainsi à l'animal de traiter le plus d'informations possible à

l'intérieur d'un temps limité, dans le contexte du comportement spontané. En d'autres termes, la divergence permettrait à l'animal d'optimiser ses ressources cognitives.

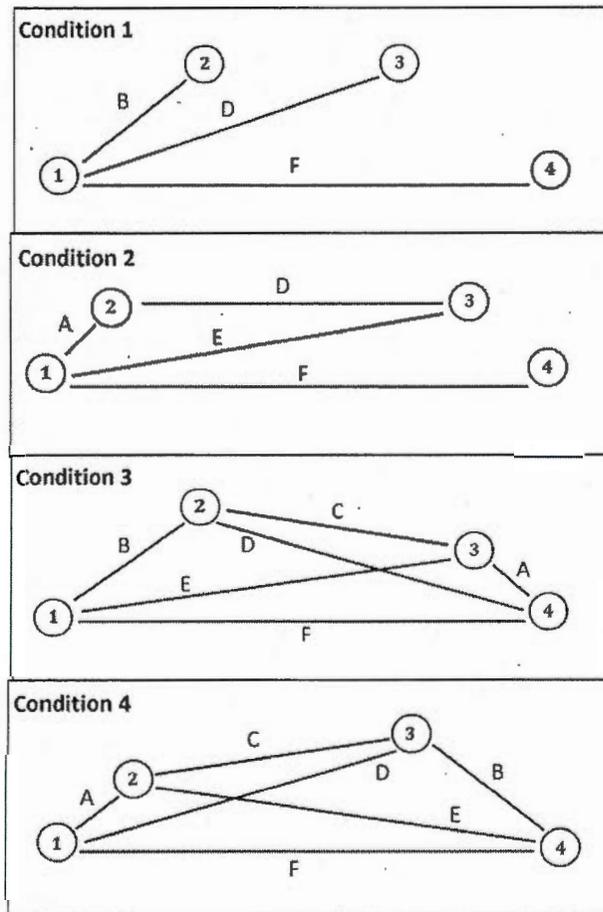
On a vu qu'une diminution de la charge cognitive par le biais d'une réduction du nombre de cibles amenait une diminution de l'utilisation de la divergence. Par contre on n'a pas pu observer l'effet contraire, soit une augmentation de l'utilisation de la divergence, lorsque l'on a tenté d'augmenter la charge cognitive par le biais d'une modulation des angles de déviation inter-cibles. On ne sait pas si c'est parce que l'application de la divergence a atteint un plateau au-delà duquel toute modification est ignorée par les chiens. Il est aussi possible que les manipulations telles qu'elles ont été effectuées n'ont pas permis d'alourdir suffisamment la charge cognitive pour modifier la prise de décision des chiens. Peut-être qu'une augmentation de la charge cognitive par le biais d'une augmentation du nombre de cibles au-delà de 4, tout en gardant une déviation angulaire constante comme celle utilisée dans la condition 1 de l'expérience 1, pourrait induire une augmentation de la divergence.

Par ailleurs, bien que nous ayons conclu que l'hypothèse de la charge cognitive explique mieux les résultats que l'hypothèse de la discrimination, cela ne signifie pas que l'hypothèse de la discrimination soit totalement rejetée puisque l'hypothèse de la charge cognitive représente en quelque sorte une extension de l'hypothèse de la discrimination. Nous adhérons à l'idée de base de l'hypothèse de la discrimination, soit que la divergence permet probablement de mieux distinguer les cibles entre elles, ce qui favoriserait le rappel des cibles non-visitées. Cependant, l'hypothèse de la discrimination suppose que la divergence est utilisée pour tenter de réduire le nombre d'erreurs alors que selon l'hypothèse de la charge cognitive, l'utilisation de la divergence n'est pas liée au nombre d'erreurs. De plus, l'hypothèse de la charge cognitive ne se limite pas au seul paramètre de la distance inter-cibles comme pouvant augmenter la charge cognitive, mais tient compte de tous les éléments qui pourraient jouer ce rôle, quelle que soit leur nature.

Les données empiriques ont montré que la divergence est également utilisée chez les rongeurs, notamment le rat (Lachman et Brown, 1957; Lachman, 1965,1969; Olton et Samuelson, 1977; Olton et al., 1978). Toutefois, on a pu observer une différence entre le chien et le chat, deux espèces carnivores. Dans le même dispositif spatial que celui de l'expérience 2 de Dumas et Dorais-Pagé (2006) où les chiens avaient utilisé spontanément la divergence, Dorais-Pagé et Dumas (2003) ont observé que les chats, eux, ont utilisé la moindre distance pour vider les cibles. Cette différence peut paraître surprenante dans la mesure où il a été suggéré que les deux espèces possèderaient le même système décisionnel de base (voir Dorais-Pagé et Dumas, 2003 et Dumas et Dorais-Pagé 2006). De plus, du point de vue de la causalité distale, les chats et les chiens appartiennent tous deux à l'ordre des carnivores, ce qui laisse supposer que la divergence aurait dû être utilisée de la même façon chez les deux espèces. Cela laisse en suspens la question de la causalité distale. On peut toutefois tenter une explication du point de vue de la causalité proximale en suggérant que, bien que les chats et les chiens aient été testés à l'aide du même dispositif spatial en utilisant les mêmes distances inter-cibles, il est possible qu'une grandeur d'angle plus petite soit nécessaire pour activer la divergence chez le chat. Afin de le vérifier dans la situation expérimentale utilisée dans Dorais-Pagé et Dumas (2003), il faudrait donc réduire la déviation angulaire entre les deux bols rapprochés. Quoiqu'il en soit, l'utilisation de la divergence chez le chat domestique demeure à vérifier.

APPENDICE A

EXPÉRIENCE 1 : CALCUL DES SCORES DE DIVERGENCE POUR LES 24 PATRONS D'ÉLIMINATION POUR LES QUATRE CONDITIONS



Légende

1 : bol externe gauche
 2 : bol interne gauche
 3 : bol interne droit
 4 : bol externe droit

A,B,C,D,E,F : distance à parcourir
 entre deux cibles

À noter pour la condition 1 :

B s'applique à la distance entre 1 et 2, entre 2 et 3, et entre 3 et 4.
 D s'applique à la distance entre 1 et 3, et entre 2 et 4.

À noter pour la condition 2 :

A s'applique à la distance entre 1 et 2, et entre 3 et 4
 E s'applique à la distance entre 1 et 3, et entre 2 et 4

Distance entre 2 choix successifs	Unités de divergence	Condition 1	Condition 2	Condition 3	Condition 4
		Distance en centimètres			
A	1	-	30	30	30
B	2	60	-	60	60
C	3	-	-	90	90
D	4	120	120	120	120
E	5	-	147	147	147
F	6	174	174	174	174

Condition 1

Patron d'élimination	Calcul du score de divergence	Score de divergence
1-2-3-4	$B + B + B \rightarrow 2 + 2 + 2$	6
1-2-4-3	$B + D + B \rightarrow 2 + 4 + 2$	8
1-3-2-4	$D + B + D \rightarrow 4 + 2 + 4$	10
1-3-4-2	$D + B + D \rightarrow 4 + 2 + 4$	10
1-4-2-3	$F + D + B \rightarrow 6 + 4 + 2$	12
1-4-3-2	$F + B + B \rightarrow 6 + 2 + 2$	10
2-1-3-4	$B + D + B \rightarrow 2 + 4 + 2$	8
2-1-4-3	$B + F + B \rightarrow 2 + 6 + 2$	10
2-3-1-4	$B + D + F \rightarrow 2 + 4 + 6$	12
2-3-4-1	$B + B + F \rightarrow 2 + 2 + 6$	10
2-4-1-3	$D + F + D \rightarrow 4 + 6 + 4$	14
2-4-3-1	$D + B + D \rightarrow 4 + 2 + 4$	10
3-1-2-4	$D + B + D \rightarrow 4 + 2 + 4$	10
3-1-4-2	$D + F + D \rightarrow 4 + 6 + 4$	14
3-2-1-4	$B + B + F \rightarrow 2 + 2 + 6$	10
3-2-4-1	$B + D + F \rightarrow 2 + 4 + 6$	12
3-4-1-2	$B + F + B \rightarrow 2 + 6 + 2$	10
3-4-2-1	$B + D + B \rightarrow 2 + 4 + 2$	8
4-1-2-3	$F + B + B \rightarrow 6 + 2 + 2$	10
4-1-3-2	$F + D + B \rightarrow 6 + 4 + 2$	12
4-2-1-3	$D + B + D \rightarrow 4 + 2 + 4$	10
4-2-3-1	$D + B + D \rightarrow 4 + 2 + 4$	10
4-3-1-2	$B + D + B \rightarrow 2 + 4 + 2$	8
4-3-2-1	$B + B + B \rightarrow 2 + 2 + 2$	6

Condition 2

Patron d'élimination	Calcul du score de divergence	Score de divergence
1-2-3-4	$A + D + A \rightarrow 1 + 4 + 1$	6
1-2-4-3	$A + E + A \rightarrow 1 + 5 + 1$	7
1-3-2-4	$E + D + E \rightarrow 5 + 4 + 5$	14
1-3-4-2	$E + A + E \rightarrow 5 + 1 + 5$	11
1-4-2-3	$F + E + D \rightarrow 6 + 5 + 4$	15
1-4-3-2	$F + A + D \rightarrow 6 + 1 + 4$	11
2-1-3-4	$A + E + A \rightarrow 1 + 5 + 1$	7
2-1-4-3	$A + F + A \rightarrow 1 + 6 + 1$	8
2-3-1-4	$D + E + F \rightarrow 4 + 5 + 6$	15
2-3-4-1	$D + A + F \rightarrow 4 + 1 + 6$	11
2-4-1-3	$E + F + E \rightarrow 5 + 6 + 5$	16
2-4-3-1	$E + A + E \rightarrow 5 + 1 + 5$	11
3-1-2-4	$E + A + E \rightarrow 5 + 1 + 5$	11
3-1-4-2	$E + F + E \rightarrow 5 + 6 + 5$	16
3-2-1-4	$D + A + F \rightarrow 4 + 1 + 6$	11
3-2-4-1	$D + E + F \rightarrow 4 + 5 + 6$	15
3-4-1-2	$A + F + A \rightarrow 1 + 6 + 1$	8
3-4-2-1	$A + E + A \rightarrow 1 + 5 + 1$	7
4-1-2-3	$F + A + D \rightarrow 6 + 1 + 4$	11
4-1-3-2	$F + E + D \rightarrow 6 + 5 + 4$	15
4-2-1-3	$E + A + E \rightarrow 5 + 1 + 5$	11
4-2-3-1	$E + D + E \rightarrow 5 + 4 + 5$	14
4-3-1-2	$A + E + A \rightarrow 1 + 5 + 1$	7
4-3-2-1	$A + D + A \rightarrow 1 + 4 + 1$	6

Condition 3

Patron d'élimination	Calcul du score de divergence	Score de divergence
1-2-3-4	$B + C + A \rightarrow 2 + 3 + 1$	6
1-2-4-3	$B + D + A \rightarrow 2 + 4 + 1$	7
1-3-2-4	$E + C + D \rightarrow 5 + 3 + 4$	12
1-3-4-2	$E + A + D \rightarrow 5 + 1 + 4$	10
1-4-2-3	$F + D + C \rightarrow 6 + 4 + 3$	13
1-4-3-2	$F + A + C \rightarrow 6 + 1 + 3$	10
2-1-3-4	$B + E + A \rightarrow 2 + 5 + 1$	8
2-1-4-3	$B + F + A \rightarrow 2 + 6 + 1$	9
2-3-1-4	$C + E + F \rightarrow 3 + 5 + 6$	14
2-3-4-1	$C + A + F \rightarrow 3 + 1 + 5$	9
2-4-1-3	$D + F + E \rightarrow 4 + 6 + 5$	15
2-4-3-1	$D + A + E \rightarrow 4 + 1 + 5$	10
3-1-2-4	$E + B + D \rightarrow 5 + 2 + 4$	11
3-1-4-2	$E + F + D \rightarrow 5 + 6 + 4$	15
3-2-1-4	$C + B + F \rightarrow 3 + 2 + 6$	11
3-2-4-1	$C + D + F \rightarrow 3 + 4 + 6$	13
3-4-1-2	$A + F + B \rightarrow 1 + 6 + 2$	9
3-4-2-1	$A + D + B \rightarrow 1 + 4 + 2$	7
4-1-2-3	$F + B + C \rightarrow 6 + 2 + 3$	11
4-1-3-2	$F + E + C \rightarrow 6 + 5 + 3$	14
4-2-1-3	$D + B + E \rightarrow 4 + 2 + 5$	11
4-2-3-1	$D + C + E \rightarrow 4 + 3 + 5$	12
4-3-1-2	$A + E + B \rightarrow 1 + 5 + 2$	8
4-3-2-1	$A + C + B \rightarrow 1 + 3 + 2$	6

Condition 4

Patron d'élimination	Calcul du score de divergence	Score de divergence
1-2-3-4	$A + C + B \rightarrow 1 + 3 + 2$	6
1-2-4-3	$A + E + B \rightarrow 1 + 5 + 2$	8
1-3-2-4	$D + C + E \rightarrow 4 + 3 + 5$	12
1-3-4-2	$D + B + E \rightarrow 4 + 2 + 5$	11
1-4-2-3	$F + E + C \rightarrow 6 + 5 + 3$	14
1-4-3-2	$F + B + C \rightarrow 6 + 2 + 3$	11
2-1-3-4	$A + D + B \rightarrow 1 + 4 + 2$	7
2-1-4-3	$A + F + B \rightarrow 1 + 6 + 2$	9
2-3-1-4	$C + D + F \rightarrow 3 + 4 + 6$	13
2-3-4-1	$C + B + F \rightarrow 3 + 2 + 6$	11
2-4-1-3	$E + F + D \rightarrow 5 + 6 + 4$	15
2-4-3-1	$E + B + D \rightarrow 5 + 2 + 4$	11
3-1-2-4	$D + A + E \rightarrow 4 + 1 + 5$	10
3-1-4-2	$D + F + E \rightarrow 4 + 6 + 5$	15
3-2-1-4	$C + A + F \rightarrow 3 + 1 + 6$	10
3-2-4-1	$C + E + F \rightarrow 3 + 5 + 6$	14
3-4-1-2	$B + F + A \rightarrow 2 + 6 + 1$	9
3-4-2-1	$B + E + A \rightarrow 2 + 5 + 1$	8
4-1-2-3	$F + A + C \rightarrow 6 + 1 + 3$	10
4-1-3-2	$F + D + C \rightarrow 6 + 4 + 3$	13
4-2-1-3	$E + A + D \rightarrow 5 + 1 + 4$	10
4-2-3-1	$E + C + D \rightarrow 5 + 3 + 4$	12
4-3-1-2	$B + D + A \rightarrow 2 + 4 + 1$	7
4-3-2-1	$B + C + A \rightarrow 2 + 3 + 1$	6

RÉFÉRENCES

- Baudouin, J.-Y. et Tiberghien, G. (2007). *L'adulte*. T. 1 de *Psychologie cognitive*. France. éditions Bréal, 256 p.
- Bicca-Marques, J.C. (2005). The Win-Stay Rule in Foraging Decisions by Free-Ranging Titi Monkeys (*Callicebus cupreus cupreus*) and Tamarins (*Saguinus imperator imperator* and *Saguinus fuscicollis weddelli*). *Journal of Comparative Psychology*, 119 (3), 343-351.
- Bartolomucci, A., de Biurn, G., et Fuchs, E. (2001). How Tree Shrews (*tupaia belangeri*) Perform in a Searching Task : Evidence for Strategy Use. *Journal of Comparative Psychology*, 115 (4), 344-350.
- Bradshaw, J.W.S. (2006). The Evolutionary Basis for the Feeding Behavior of Domestic Dogs (*Canis Familiaris*) and Cats (*Felis Catus*). *The Journal of Nutrition*, 136, 1927S-1931S.
- Buhot, M.-C., et Teule, M. (1971). Apprentissage d'élimination progressive chez le Hamster doré (*Mesocricetus auratus*). *Cahiers de Psychologie*, 14, 135-165.
- Burke, D., Cieplucha, C., Cass, J., Russell, F. et Fry, G. (2002). Win-shift and win-stay learning in the short-beaked echidna (*Tachyglossus aculeatus*). *Animal Cognition*, 5 (2), 79-84.
- 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.
- Dallal, N.L., et Warren, H.M. (1990). Hierarchical Structures: Chunking by Food Type Facilitates Spatial Memory. *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes*, 16 (1), 69-84.
- Davis, H. et Pérusse, R. (1988). Numerical competence in animals: Definitional issues, current evidence, and a new research agenda. *Behavioral and Brain Sciences*, 11(4), 561-615.
- De Lillo, C., Visálberghi, 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 effects. *Journal of Comparative Psychology*, 28, 305-312.
- Dechambre, E. 1961. Les chiens, origines, histoire, évolution. Paris : Presses universitaires de France, 126 p.
- 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.
- Dumas, C., St-Louis, B., et Routhier, L. (2006). Decision Making and Interference in the Domestic Cat (*Felis catus*). *Journal of Comparative Psychology*, 120 (4), 367-377.
- Dumas, C., et Dorais Pagé, D. (2006). Strategy Planning in Dogs (*Canis familiaris*) in a Progressive Elimination task. *Behavioural Processes*, 73, 22-28.
- Fabrigoule, C. (1974). Recherches expérimentales sur l'apprentissage spatial chez le chien. *Cahiers de psychologie*, 17, 91-110.
- Fischer, J.P. 1991. « Le subitizing et la discontinuité après 3 ». In *Les chemins du nombre*. Bideaud, J., Meljac, C.I. et Fischer, J.P., p.235-258. Presses universitaires de Lille.
- Gallistel, C.R. 1990. *The Organization of Learning*. United States of America: The MIT Press.
- Gibson, K.R. 1990. "New perspectives on instincts and intelligence". In *"Language" and intelligence in monkeys and apes, Comparative developmental perspectives*, Parker, S.T. et Gibson, K.R., p. 112. Cambridge: Cambridge university press.
- Gibson, B.M., Wasserman, E.A., et Kamil A.C. (2007). Pigeons and People Select Efficient Routes When Solving a One-Way "Traveling Salesperson" Task. *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes*, 33 (3), 244-261.
- Gouteux, S., Vauclair, J., et Thinus-Blanc., C. (1999). Reaction to spatial Novelty and Exploratory Strategies in baboons. *Animal Learning and Behavior*, 27 (3), 323-332.
- Guillou-Ouellette, C. (2011). « Tâche d'élimination progressive chez le chien : impact de la non-visibilité des cibles sur la prise de décision ». Thèse d'honneur, Montréal, Université de Québec à Montréal, 33 p.
- Izumi, A., Tsuchida, J., et Yamaguchi, C. (2013). Spontaneous Alternation Behavior in Common Marmosets (*Callithrix jacchus*). *Journal of Comparative Psychology*, 127 (1), 76-81.
- Kaufman, E. L., Lord, M. W., Reese, T. W., et Volkman, J. (1949). The discrimination of visual number. *The American Journal of Psychology*, 62, 498-525.

- 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.
- Leblanc, J., et Dumas, C. en préparation.
- Leblanc, J., et Dumas, C. 2, en préparation.
- MacDonald, S.E., et Wilkie, D.M. (1990). Yellow-Nosed Monkeys' (*Cercopithecus ascanius* whitesisei) Spatial Memory in a Simulated Foraging Environment. *Journal of Comparative Psychology*, 104 (4), 382-387.
- MacDonald, S.E. (1994). Gorillas' (*Gorilla gorilla gorilla*) Spatial Memory in a Foraging Task. *Journal of Comparative Psychology*, 108 (2), 107-113.
- MacDonald, S.E., et Agnes, M.M. (1999). Orangutan (*Pongo pygmaeus abelii*) Spatial memory and Behavior in a Foraging Task. *Journal of Comparative Psychology*, 113 (2), 213-217.
- MacPherson, K. Et Roberts W.A. (2010). Spatial Memory in Dogs (*Canis familiaris*) on a Radial Maze. *Journal of Comparative Psychology*, 124 (1), 47-56.
- Mandler, G. et Shebo, B.J. (1982). Subitizing: an Analysis of its Components Processes. *Journal of experimental psychology*, 111 (1), 1-22.
- Menzel, E.W. (1973). Chimpanzee Spatial Memory Organization. *Science*, 82, 943-945.
- Olson, D.J., et Maki, W.S. (1983). Characteristics of spatial memory in pigeons. *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes*, 9(3), 266-280.
- Olton, D.S. et Samuelson, R.J. (1976). Remembrance of Places Passed : Spatial Memory in Rats. *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes*, 2(2), 97-116.
- Olton, D.S., Collison, C., et Werz, M.A. (1977). Spatial Memory and Radial Arm Maze Performance of Rats. *Learning and Motivation*, 8, 289-314.
- Olton, D.S., et Schlosberg, P. (1978). Food-Searching Strategies un Young Rats: Win-Shift Predominates over Win-Stay. *Journal of Comparative and Physiological Psychology*, 92 (4), 609-618.
- Poucet, B., Buhot-Averseng, M.C. et Thinus-Blanc, C. (1983). Food-Searching Behavior of Cats in a Multiple-Choice Elimination Problem. *Learning and motivation*, 14, 140-153.

- Roberts, W.A., 1998. *Principles of Animal Cognition*. United-States of America: McGraw-Hill.
- Sulikowski, D., et Burke, D. (2007). Food-specific spatial memory biases in an omnivorous bird. *Biology Letters*, 3, 245-248.
- Tolman, E. C.(1925). Purpose and cognition : the determiners of animal learning. *Psychological Review*, 32, 285-297.
- Tolman, E.C. (1948). Cognitive maps in rats and men. *Psychological Review*, 55, 189-208.
- 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.