



**HAL**  
open science

# Étude expérimentale de la synchronisation locomotrice du chien sur l'homme

Angélique Lamontagne

► **To cite this version:**

Angélique Lamontagne. Étude expérimentale de la synchronisation locomotrice du chien sur l'homme. Médecine vétérinaire et santé animale. 2021. dumas-04050785

**HAL Id: dumas-04050785**

**<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-04050785v1>**

Submitted on 29 Mar 2023

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

# ETUDE EXPERIMENTALE DE LA SYNCHRONISATION LOCOMOTRICE DU CHIEN SUR L'HOMME

---

THESE  
pour obtenir le titre de  
DOCTEUR VETERINAIRE

DIPLOME D'ETAT

*présentée et soutenue publiquement  
devant l'Université Paul-Sabatier de Toulouse*

*par*

**LAMONTAGNE Angélique**

**Directrice de thèse : Mme Nathalie PRIYMENKO**

---

## JURY

PRESIDENTE :  
**Mme Véronique MANSAT DE MAS**

Professeure à l'Université Paul Sabatier

ASSESEURES :  
**Mme Nathalie PRIYMENKO**  
**Mme Hanna MILA**

Maître de Conférences à l'Ecole Nationale Vétérinaire de TOULOUSE  
Maître de Conférences à l'Ecole Nationale Vétérinaire de TOULOUSE



**Ministère de l'Agriculture et de l'Alimentation  
ÉCOLE NATIONALE VÉTÉRINAIRE DE TOULOUSE**

**Liste des directeurs/assesseurs de thèse de doctorat vétérinaire**

**Directeur : Professeur Pierre SANS**

**PROFESSEURS CLASSE EXCEPTIONNELLE**

- M. **BERTAGNOLI Stéphane**, *Pathologie infectieuse*
- M. **BOUSQUET-MELOU Alain**, *Pharmacologie, thérapeutique*
- M. **BRUGERE Hubert**, *Hygiène et industrie des aliments d'origine animale*
- Mme **CHASTANT-MAILLARD Sylvie**, *Pathologie de la reproduction*
- M. **CONCORDET Didier**, *Mathématiques, statistiques, modélisation*
- M. **DELVERDIER Maxence**, *Anatomie pathologique*
- M. **ENJALBERT Francis**, *Alimentation*
- Mme **GAYRARD-TROY Véronique**, *Physiologie de la reproduction, endocrinologie*
- Mme **HAGEN-PICARD Nicole**, *Pathologie de la reproduction*
- M. **MEYER Gilles**, *Pathologie des ruminants*
- M. **SCHELCHER François**, *Pathologie médicale du bétail et des animaux de basse-cour*
- Mme **TRUMEL Catherine**, *Biologie médicale animale et comparée*

**PROFESSEURS 1<sup>ère</sup> CLASSE**

- M. **BAILLY Jean-Denis**, *Hygiène et industrie des aliments*
- Mme **BOURGES-ABELLA Nathalie**, *Histologie, anatomie pathologique*
- Mme **CADIERGUES Marie-Christine**, *Dermatologie vétérinaire*
- M. **DUCOS Alain**, *Zootéchnie*
- M. **FOUCRAS Gilles**, *Pathologie des ruminants*
- M. **GUERIN Jean-Luc**, *Aviculture et pathologie aviaire*
- M. **JACQUIET Philippe**, *Parasitologie et maladies parasitaires*
- Mme **LACROUX Caroline**, *Anatomie pathologique, animaux d'élevage*
- Mme **LETRON-RAYMOND Isabelle**, *Anatomie pathologique*
- M. **LEFEBVRE Hervé**, *Physiologie et thérapeutique*
- M. **MAILLARD Renaud**, *Pathologie des ruminants*

**PROFESSEURS 2<sup>ème</sup> CLASSE**

- Mme **BOULLIER Séverine**, *Immunologie générale et médicale*
- M. **CORBIERE Fabien**, *Pathologie des ruminants*
- Mme **DIQUELOU Armelle**, *Pathologie médicale des équidés et des carnivores*
- M. **GUERRE Philippe**, *Pharmacie et toxicologie*
- Mme **MEYNADIER Annabelle**, *Alimentation animale*
- M. **MOGICATO Giovanni**, *Anatomie, imagerie médicale*
- Mme **PAUL Mathilde**, *Epidémiologie, gestion de la santé des élevages avicoles*
- M. **RABOISSON Didier**, *Médecine de population et économie de la santé animale*

## MAITRES DE CONFERENCES HORS CLASSE

- M. **BERGONIER Dominique**, *Pathologie de la reproduction*
- Mme **BIBBAL Delphine**, *Hygiène et industrie des denrées alimentaires d'origine animale*
- Mme **CAMUS Christelle**, *Biologie cellulaire et moléculaire*
- M. **JAEG Jean-Philippe**, *Pharmacie et toxicologie*
- M. **LYAZRHI Faouzi**, *Statistiques biologiques et mathématiques*
- M. **MATHON Didier**, *Pathologie chirurgicale*
- Mme **PALIERNE Sophie**, *Chirurgie des animaux de compagnie*
- Mme **PRIYMENKO Nathalie**, *Alimentation*
- M. **VOLMER Romain**, *Microbiologie et infectiologie*

## MAITRES DE CONFERENCES CLASSE NORMALE

- M. **ASIMUS Erik**, *Pathologie chirurgicale*
- Mme **BRET Lydie**, *Physique et chimie biologiques et médicales*
- Mme **BOUHSIRA Emilie**, *Parasitologie, maladies parasitaires*
- M. **CARTIAUX Benjamin**, *Anatomie, imagerie médicale*
- M. **CONCHOU Fabrice**, *Imagerie médicale*
- Mme **DANIELS Hélène**, *Immunologie, bactériologie, pathologie infectieuse*
- Mme **DAVID Laure**, *Hygiène et industrie des aliments*
- M. **DIDIMO IMAZAKI Pedro**, *Hygiène et industrie des aliments*
- M. **DOUET Jean-Yves**, *Ophthalmologie vétérinaire et comparée*
- Mme **FERRAN Aude**, *Physiologie*
- Mme **GRANAT Fanny**, *Biologie médicale animale*
- Mme **JOURDAN Géraldine**, *Anesthésie, analgésie*
- M. **JOUSSERAND Nicolas**, *Médecine interne des animaux de compagnie*
- Mme **LALLEMAND Elodie**, *Chirurgie des équidés*
- Mme **LAVOUE Rachel**, *Médecine Interne*
- M. **LE LOC'H Guillaume**, *Médecine zoologique et santé de la faune sauvage*
- M. **LIENARD Emmanuel**, *Parasitologie et maladies parasitaires*
- Mme **MEYNAUD-COLLARD Patricia**, *Pathologie chirurgicale*
- Mme **MILA Hanna**, *Elevage des carnivores domestiques*
- M. **NOUVEL Laurent**, *Pathologie de la reproduction*
- M. **VERGNE Timothée**, *Santé publique vétérinaire, maladies animales réglementées*
- Mme **WASET-SZKUTA Agnès**, *Production et pathologie porcine*

## INGENIEURS DE RECHERCHE

- M. **AUMANN Marcel**, *Urgences, soins intensifs*
- M. **AUVRAY Frédéric**, *Santé digestive, pathogénie et commensalisme des entérobactéries*
- M. **CASSARD Hervé**, *Pathologie des ruminants*
- M. **CROVILLE Guillaume**, *Virologie et génomique cliniques*
- Mme **DEBREUQUE Maud**, *Médecine interne des animaux de compagnie*
- Mme **DIDIER Caroline**, *Anesthésie, analgésie*
- Mme **DUPOUY GUIRAUTE Véronique**, *Innovations thérapeutiques et résistances*
- Mme **GAILLARD Elodie**, *Urgences, soins intensifs*
- Mme **GEFFRE Anne**, *Biologie médicale animale et comparée*
- Mme **GRISEZ Christelle**, *Parasitologie et maladies parasitaires*
- Mme **JEUNESSE Elisabeth**, *Bonnes pratiques de laboratoire*
- Mme **PRESSANTI Charline**, *Dermatologie vétérinaire*
- M. **RAMON PORTUGAL Félipe**, *Innovations thérapeutiques et résistances*
- M. **REYNOLDS Brice**, *Médecine interne des animaux de compagnie*
- Mme **ROUCH BUCK Pétra**, *Médecine préventive*

## REMERCIEMENTS

*A notre jury de thèse,*

### **A Madame le Professeur Véronique DE MAS**

Professeure de l'Université Toulouse III - Paul Sabatier

*Faculté de pharmacie - Hématologie biologique*

Qui nous fait l'honneur de présider ce jury de thèse,

Hommages respectueux.

### **A Madame le Docteur Nathalie PRIYMENKO**

Maître de Conférences de l'Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse

*Alimentation*

Qui a accepté d'encadrer ce projet. Pour son aide et sa grande disponibilité,

Qu'elle trouve ici le témoignage de ma reconnaissance.

### **A Madame le Docteur Hanna MILA**

Maître de Conférences de l'Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse

*Elevage des carnivores domestiques*

Qui a aimablement accepté de participer à ce jury de thèse,

Sincères remerciements.

*A l'ensemble des personnes ayant contribué à ce projet,*

### **A Madame le Docteur Florence GAUNET**

Chercheure au Laboratoire de Psychologie Cognitive de Marseille

*Ethologie cognitive*

Pour sa grande implication dans l'élaboration et la mise en œuvre de ce projet,

En témoignage de ma gratitude et de mon profond respect.

**A Madame le Docteur Marie-Hélène GROSBRAS, Monsieur le Docteur Thierry LEGOU, Madame le Docteur Birgit RAUCHBAUER**

Pour leurs conseils avisés et leur investissement dans ce travail,  
Merci pour cette belle collaboration.

**A Fannie Fabre**

Pour avoir été ma binôme indispensable durant la réalisation de l'expérience,  
Mille mercis.

**A Samy OUAHCHIA**

Pour son aide précieuse lors des étapes de programmation, pour sa patience et son soutien sans faille,  
Merci infiniment.

**A ma famille**

Qui m'encourage depuis toujours dans chacun de mes projets, et qui m'a aidée à réaliser mon rêve d'enfance,  
Merci pour tout.

## TABLE DES MATIERES

INTRODUCTION.....	13
PARTIE 1 – SYNTHÈSE BIBLIOGRAPHIQUE.....	14
I. Abord éthologique de la synchronisation comportementale .....	14
1. Définition .....	14
2. Apprentissage social, facilitation sociale et synchronisation comportementale .....	16
a. La synchronisation comportementale peut conduire à la facilitation sociale.....	16
b. Distinction entre la synchronisation comportementale et les mécanismes d'apprentissage social.....	16
3. Valeur adaptative de la synchronisation comportementale .....	18
4. Fonction sociale de la synchronisation comportementale .....	20
5. Synchronisation comportementale et affiliation.....	22
6. Synchronisation comportementale et structure sociale .....	23
7. Support neuronal de la synchronisation comportementale .....	24
II. Compétences cognitives canines permettant la synchronisation comportementale .....	26
1. Sensibilité des chiens aux indices sociaux de leurs conspécifiques .....	26
2. Sensibilité des chiens aux indices sociaux humains .....	27
3. Référenciation sociale .....	29
4. Communication ostensive et référentielle .....	30
a. Utilisation des signaux ostensifs.....	31
b. Utilisation des signaux référentiels .....	33
c. Sensibilité à l'état attentionnel.....	34
d. Capacité des chiens à attirer l'attention.....	35
5. Lien entre capacités cognitives et domestication .....	35



6.	Comparaison des aptitudes cognitives du chien avec celles des autres espèces .....	37
III.	Preuves expérimentales de la synchronisation comportementale chez le chien ..	39
1.	Synchronisation comportementale à l'échelle intraspécifique .....	39
2.	Synchronisation comportementale du chien sur l'Homme .....	40
3.	Etude de la synchronisation locomotrice à l'échelle interspécifique .....	41
PARTIE 2 – ETUDE EXPERIMENTALE.....		45
I.	Objectifs de l'étude .....	45
II.	Matériel et méthodes .....	47
1.	Note éthique .....	47
2.	Population étudiée.....	47
a.	Races incluses dans l'étude .....	47
b.	Critères et modes de recrutement .....	48
3.	Procédure expérimentale .....	50
a.	Lieu du test .....	50
b.	Déroulement du test.....	50
4.	Utilisation du GPS et de la technique RTK pour le recueil des données .....	54
a.	Les outils de mesure utilisés en éthologie .....	54
b.	Principe du positionnement par satellite .....	54
c.	Intérêt de la technique RTK.....	56
5.	Variables analysées .....	58
a.	Variables liées à la synchronisation locomotrice .....	58
b.	Variables liées à l'activité de regard .....	61
6.	Analyses statistiques .....	61
III.	Résultats .....	64
1.	Fiabilité inter-expérimentateurs.....	64
2.	Statistiques descriptives de l'échantillon.....	64

3.	Synchronisation de localisation .....	65
4.	Synchronisation d'activité .....	68
5.	Synchronisation temporelle .....	70
6.	Activité de regard .....	71
IV.	Discussion.....	74
1.	Confirmation des résultats des précédentes études : existence d'une synchronisation locomotrice du chien sur l'Homme .....	74
a.	Comparaison avec les résultats antérieurs.....	74
b.	Précisions apportées par les mesures quantitatives objectives .....	74
2.	Même degré de synchronisation entre les chiens avec un groupe familial et les chiens avec leur propriétaire .....	75
3.	Effet de l'activité locomotrice humaine sur l'état attentionnel du chien .....	77
4.	Synchronisation comportementale et types de race .....	78
5.	Apports pratiques des résultats de l'étude .....	79
	CONCLUSION .....	81
	REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....	83
	ANNEXES .....	93

## **LISTE DES ANNEXES**

Annexe 1 – Formulaire de consentement éclairé. ....	93
A.    Formulaire destiné aux propriétaires .....	93
B.    Formulaire destiné aux personnes familières (condition groupe familial)..	94
Annexe 2 – Affiche de proposition de participation à l'étude expérimentale, diffusée sur les réseaux sociaux et affichée dans plusieurs endroits autour du lieu de test.....	95
Annexe 3 - Répartition aléatoire des conditions expérimentales. ....	96
A.    Code source écrit en langage Python .....	96
B.    Tableau obtenu pour la répartition aléatoire des conditions expérimentales pour les chiens de berger .....	97
C.    Tableau obtenu pour la répartition aléatoire des conditions expérimentales pour les chiens molossoïdes .....	99
Annexe 4 - Traitement des données GPS.....	101
Annexe 5 – Caractéristiques démographiques de l'échantillon. ....	104
Annexe 6 – Vérification de l'absence d'impact du niveau d'éducation du chien et de sa familiarité avec le lieu du test sur la synchronisation comportementale.....	109
Annexe 7 – Résultats non significatifs du test <i>post-hoc</i> pour l'interaction entre les facteurs rythme de marche, type de race et nombre de personnes sur le temps passé à regarder le propriétaire.....	110

## **LISTE DES ABREVIATIONS**

FCI : Fédération Cynologique Internationale

E1 : Expérimentateur 1

E2 : Expérimentateur 2

GPS : Global Positioning System, Système Mondial de Positionnement en français

RTK : Real Time Kinematic, Cinématique en Temps Réel en français

MLM : Modèle Linéaire Mixte

## TABLE DES ILLUSTRATIONS

### FIGURES

Figure 1 – Illustration des trois composantes de la synchronisation comportementale.....	15
Figure 2 - Exemples de mouvements collectifs.....	20
Figure 3 – Neurones miroirs et résonance motrice.....	25
Figure 4 – Dispositif expérimental de la tâche de détour, d’après les travaux de Pongrácz <i>et al.</i> , 2001 et 2003.....	28
Figure 5 – Exemple de communication par contact visuel.....	32
Figure 6 – Chronologie simplifiée de la spéciation du chien.....	36
Figure 7 – Aptitudes cognitives canines spécifiques en lien avec la relation unique entre l’Homme et le chien.....	38
Figure 8 – Synchronisation comportementale intraspécifique.....	39
Figure 9 – Exemple de situations quotidiennes dans lesquelles le chien se retrouve entouré d’humains.....	46
Figure 10 – Lieu de réalisation de l’expérience.....	50
Figure 11 – Schématisation de la procédure expérimentale.....	51
Figure 12 – Position des participants au départ du test .....	53
Figure 13 – Application web permettant l’enchaînement chronométré des trois rythmes de marche.....	53
Figure 14 – Calcul de la position d’un récepteur par trilatération.....	55
Figure 15 – Dispositif RTK utilisé pour l’expérience.....	56
Figure 16 – Essais du matériel en amont de la réalisation des tests.....	57
Figure 17 – Détermination de la latence à partir des GPS et des vidéos.....	60
Figure 18 – Représentation graphique du temps passé à proximité du propriétaire (en secondes) selon le rythme de marche et le type de race.....	66

Figure 19 – Représentation graphique de la vitesse des chiens et des humains pour chaque rythme de marche.....	70
Figure 20 – Représentations graphiques du temps passé par les chiens à regarder les humains en fonction du rythme de marche .....	73

## TABLEAUX

Tableau 1 – Résultats des études menées sur la synchronisation locomotrice du chien sur l’Homme.....	43
Tableau 2 - Nomenclature des races de la section 1 du groupe 1 et de la section 2 du groupe 2 selon la classification de la Fédération Cynologique Internationale (FCI)....	49
Tableau 3 – Variables analysées.....	63
Tableau 4 – Statistiques descriptives de la variable distance. Les données sont présentées sous la forme moyenne $\pm$ erreur standard.....	65
Tableau 5 – Résultats du test <i>post-hoc</i> pour l’effet de l’interaction entre la race et le rythme de marche sur le temps passé à proximité du propriétaire.....	67
Tableau 6 - Résultats du test <i>post-hoc</i> pour l’effet du rythme de marche sur la vitesse du chien.....	69
Tableau 7 - Résultats du test <i>post-hoc</i> pour l’effet du rythme de marche sur l’écart entre la vitesse du chien et celle du propriétaire.....	69
Tableau 8 – Statistiques descriptives de la variable latence.....	71
Tableau 9 - Résultats du test <i>post-hoc</i> pour l’effet du rythme de marche sur l’alternance de regard.....	72

## INTRODUCTION

---

Le chien (*Canis lupus familiaris*) et l'Homme cohabitent depuis plusieurs dizaines de millénaires et partagent une relation interspécifique particulière et unique dans le règne animal. En effet, le chien est l'un des animaux de compagnie les plus répandus et sa place dans la société humaine ainsi que sa relation avec l'Homme sont de plus en plus étudiées et font l'objet de nombreux ouvrages, scientifiques ou non.

La compréhension des comportements canins fait partie intégrante de l'étude des relations entre l'Homme et le chien, ces connaissances sont complétées par les recherches récentes en éthologie cognitive. Cette discipline étudie les capacités cognitives des animaux, du chien dans le cas présent, et notamment la perception, l'acquisition et le traitement des informations de l'environnement. La cognition canine comprend des aptitudes sociales et non sociales. La cognition sociale se réfère aux processus impliqués dans les interactions sociales entre individus (attention, communication, apprentissages...), tant au niveau intraspécifique qu'interspécifique. Le chien reçoit quotidiennement de nombreuses informations sociales produites par l'Homme, et le traitement de ces informations sert de base à la prise de décision comportementale. Ainsi, le chien est capable d'ajuster son comportement dans une grande variété de contextes, cela mène à l'apparition de comportements synchrones entre le chien et l'Homme. Cette notion de synchronisation comportementale, largement étudiée chez l'Homme, connaît un récent intérêt en éthologie cognitive.

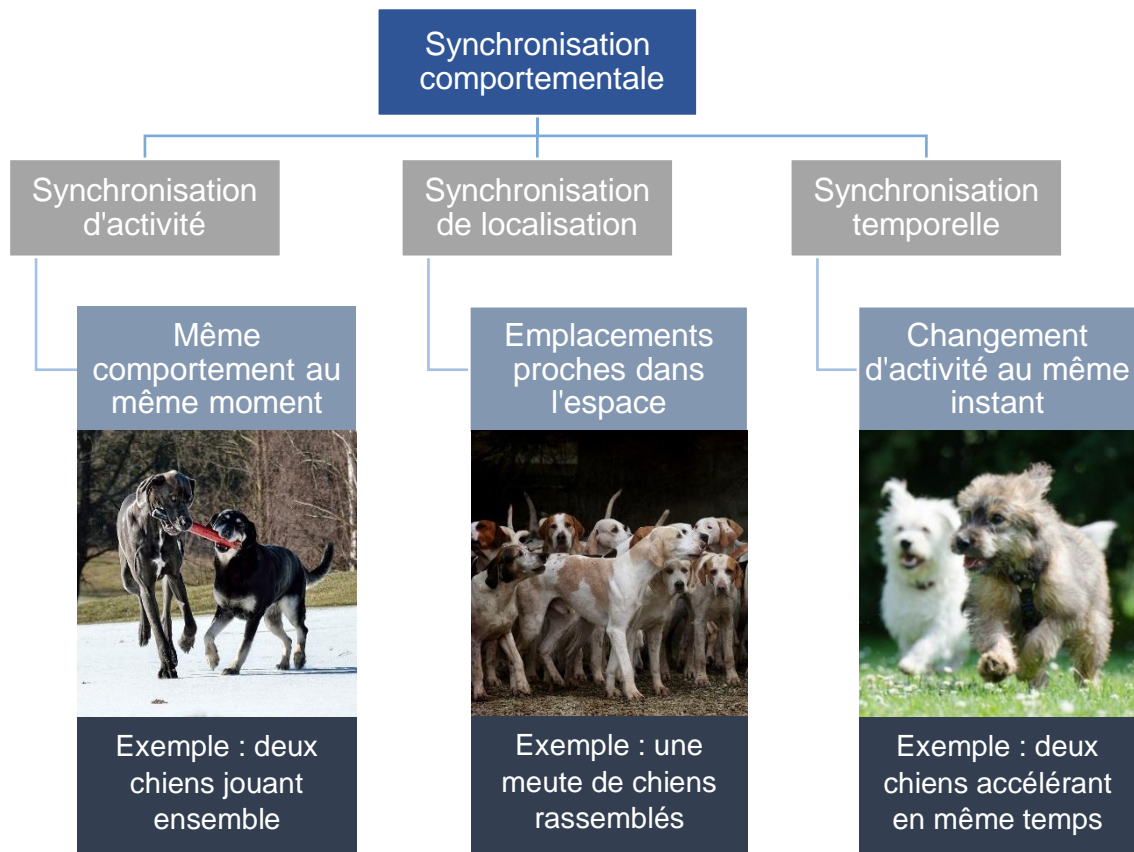
Ce travail s'inscrit dans la continuité des études portant sur la synchronisation comportementale interspécifique. Nous allons dans un premier temps aborder la notion de synchronisation comportementale d'un point de vue éthologique, puis nous nous attarderons sur les capacités cognitives canines qui permettent la synchronisation comportementale, avant de détailler les récentes études portant sur la synchronisation comportementale à l'échelle intraspécifique puis interspécifique, et particulièrement celles portant sur la synchronisation locomotrice. En effet, des résultats récents ont révélé l'existence d'une synchronisation locomotrice du chien avec celle de son propriétaire, mais les interactions entre l'Homme et le chien n'ont été étudiées qu'au sein de dyades. Nous avons mis en œuvre une étude expérimentale pour tester si la présence d'un groupe d'humains augmente le degré de synchronisation locomotrice du chien sur l'Homme.

### I. Abord éthologique de la synchronisation comportementale

#### 1. Définition

La synchronisation peut être établie aux niveaux neuronal, perceptuel, affectif et comportemental. L'étude de la synchronisation comportementale et des mécanismes sous-jacents revêtent une importance théorique croissante (Louwerse *et al.*, 2012 ; Wheatley *et al.*, 2012). La synchronisation comportementale se caractérise par trois composantes (cf Figure 1) : la synchronisation d'activité, la synchronisation de localisation et la synchronisation temporelle (Duranton & Gaunet, 2016). La synchronisation d'activité a lieu lorsque les individus réalisent le même comportement au même moment, la synchronisation de localisation se produit lorsque les individus sont spatialement proches et la synchronisation temporelle correspond au changement d'activité survenant simultanément entre les individus, quelle que soit la nature de l'activité (Duranton & Gaunet, 2016). De manière générale, les individus ne favorisent pas un type de synchronisation par rapport aux autres, et dès lors que l'on observe au moins l'une des trois composantes, on parle de synchronisation comportementale. (Duranton & Gaunet, 2016).

La synchronisation comportementale a été étudiée au sein de dyades et de groupes intraspécifiques depuis plusieurs décennies (Duranton & Gaunet, 2016). Chez l'Homme notamment, elle a été observée dans de nombreuses situations quotidiennes. Par exemple, lorsque deux personnes sont assises l'une à côté de l'autre, elles synchronisent inconsciemment le balancement de leurs jambes. De même, lorsque des individus marchent côte à côte, ils ajustent mutuellement leur rythme de marche (Duranton & Gaunet, 2018). Les groupes plus importants synchronisent également leurs mouvements, comme en témoignent les applaudissements rythmés dans les salles de spectacle (Hove & Risen, 2009).



**Figure 1 – Illustration des trois composantes de la synchronisation comportementale.** La synchronisation comportementale peut se traduire par une synchronisation d'activité, une synchronisation de localisation et une synchronisation temporelle. Les différentes composantes peuvent être observées simultanément. Source des photographies : <https://pixabay.com>

Polansky et Wittemyer (2011) ont proposé une classification, selon le degré de synchronisation, lors des déplacements :

- Absence de synchronisation : aucune corrélation n'existe entre la trajectoire des individus,
- Synchronisation intermédiaire : les activités de mouvements sont proches mais sans relation interindividuelle, c'est le cas, par exemple, lorsque des gnous, des zèbres ou des éléphants se déplacent de manière rapprochée sans être complètement liés entre eux,
- Forte synchronisation : la trajectoire d'un individu prédit fortement celle d'un autre, comme lorsqu'un troupeau de buffles se déplace, par exemple,
- Synchronisation complète : les mouvements sont exactement coordonnés, on observe notamment ce type de déplacement dans un banc de poissons.



## 2. Apprentissage social, facilitation sociale et synchronisation comportementale

### a. La synchronisation comportementale peut conduire à la facilitation sociale

Dans le cadre de la synchronisation comportementale, on observe un ajustement des actions sur celles d'autres individus. L'individu qui se synchronise détecte une action perçue, et répond par une action motrice déjà connue dans son répertoire comportemental, on observe ainsi une similarité des comportements des individus synchronisés (Topál *et al.*, 2006).

La synchronisation comportementale peut induire la facilitation sociale, qui survient lorsque la simple présence d'un démonstrateur augmente la probabilité que l'observateur modifie son comportement (Guerin & Innes, 1993 ; Kubinyi *et al.*, 2009 ; Zajonc, 1965). Au niveau expérimental, la facilitation sociale est étudiée en comparant deux conditions : un sujet effectuant une tâche seul ou en présence d'une autre personne réalisant également cette tâche (Guerin & Innes, 1993). Si le sujet est plus performant lorsqu'une autre personne effectue la même tâche en même temps, alors il y a facilitation sociale. Par exemple, dans deux études, des chiens devaient courir seuls ou avec un congénère dans une allée pour obtenir une récompense sous forme de nourriture ou de caresses. Les deux études ont montré que lorsque les chiens couraient ensemble, leur vitesse était plus élevée et une synchronisation de leurs mouvements locomoteurs était observée (Vogel *et al.*, 1950 ; Scott & McCray, 1967).

### b. Distinction entre la synchronisation comportementale et les mécanismes d'apprentissage social

La synchronisation comportementale doit être distinguée d'une autre aptitude cognitive : l'apprentissage social. En effet, la reproduction de l'action d'autrui ne résulte pas nécessairement d'un apprentissage. (Huber *et al.*, 2014 ; Marshall-Pescini & Kaminski, 2014). L'apprentissage social est mis en œuvre lorsque les similarités entre les comportements de deux individus sont dues à un apprentissage, cet apprentissage étant influencé par l'observation ou par l'interaction entre ces individus (Gaunet, 2020 ; Heyes, 1994).

Les apprentissages sociaux les plus étudiés sont l'apprentissage par observation et l'imitation. Ces deux processus se distinguent selon le rôle du démonstrateur dans l'apparition du comportement produit par l'observateur (Heyes, 1994). En effet, dans les deux cas, le démonstrateur sert de modèle, mais dans l'apprentissage par observation, l'observateur apprend l'action en regardant le modèle, tandis que l'imitation implique que l'observateur apprenne l'action en la copiant immédiatement.

L'apprentissage par observation correspond à l'acquisition d'un nouveau comportement sur la seule base de son observation. L'observateur n'a pas besoin de réaliser lui-même l'action au préalable, être attentif à l'exécution de l'action par le démonstrateur suffit pour induire l'apprentissage (Marshall-Pescini & Kaminski, 2014). Par cet apprentissage, l'observateur est capable de reproduire ultérieurement l'action. Ce mécanisme est très adaptatif, car il permet à l'individu d'acquérir des stratégies pour atteindre un objectif ou diminuer le coût d'un apprentissage non social (Kubinyi *et al.*, 2009). Par exemple, les espèces prédatrices sociales telles que les loups apprennent les techniques de chasse par l'observation : les jeunes observent le comportement de chasse des individus plus âgés et reproduisent ces comportements quand ils grandissent.

L'imitation est un mécanisme d'apprentissage social qui a été défini en premier lieu comme la capacité d'un individu à apprendre à exécuter un acte dont il est témoin en le copiant (Thorndike, 1898). En 1963, Thorpe ajoute, qu'en l'absence du démonstrateur, la probabilité d'apparition du comportement est très faible. Ainsi, le démonstrateur attire l'attention de l'observateur sur son activité, ce qui l'entraîne dans la production d'une action similaire (Gaunet, 2010 ; Huber *et al.*, 2014 ; Marshall-Pescini & Kaminski, 2014). Par exemple, dans l'expérience de Heberlein et Turner (2009), lorsqu'un chien adulte observe un autre chien démonstrateur accéder à de la nourriture cachée derrière un obstacle, le chien observateur apprend plus rapidement à trouver la friandise. De fait, les chiens sont capables d'adapter leur comportement de recherche et d'acquérir de nouvelles connaissances en observant et en interagissant avec leurs congénères (Heberlein & Turner, 2009 ; Pongrácz *et al.*, 2004).

Contrairement aux mécanismes d'apprentissage social, la synchronisation comportementale ne correspond pas à l'acquisition d'un nouveau comportement. En effet, la synchronisation comportementale implique le déclenchement d'une action motrice précédemment connue et faisant partie du répertoire comportemental de l'observateur, mais amorcée dans un nouveau contexte (Marshall-Pescini & Kaminski, 2014). De plus, contrairement à l'apprentissage par observation, la synchronisation comportementale implique un ajustement moteur immédiat, donc si l'observateur reproduit de lui-même le comportement après un délai temporel, on peut supposer qu'il a très probablement appris au moins certains aspects de l'action.

### 3. Valeur adaptative de la synchronisation comportementale

Au sein des espèces sociales, les interactions ne se produisent pas de manière isolée et le comportement d'autres individus, qui ne sont pas directement impliqués dans l'interaction, peut être affecté. Une dyade ou un groupe en interaction impacte l'attention sociale des autres individus et peut ainsi modifier la propension des observateurs à adopter eux-mêmes le comportement dont ils sont témoins (Ostner *et al.*, 2021). Chez le macaque (*Macaca mulatta*), par exemple, l'observation d'autres congénères en train de se toiletter rend l'individu observateur plus susceptible de s'engager dans une interaction de toilettage.

L'ajustement mutuel des comportements entre les membres du groupe peut se révéler essentiel pour certaines activités telles que la recherche de nourriture, la protection des ressources et le repos (Conradt & Roper, 2000). Par ailleurs, la synchronisation comportementale est renforcée lorsque les membres du groupe sont proches les uns des autres, par exemple, lorsqu'ils s'alimentent ensemble à des endroits spécifiques. Le fait de se déplacer ensemble, aux mêmes endroits, empêche les membres du groupe de s'isoler les uns des autres, augmentant ainsi leurs chances de survie et leur communication (Duranton, 2020). Chez le manchot empereur (*Aptenodytes forsteri*), par exemple, les individus se serrent les uns contre les autres pendant l'hiver antarctique, ce regroupement est appelé caucus de réchauffement (Zitterbart *et al.*, 2011). Les individus du groupe se déplacent collectivement de manière synchronisée en maintenant un caucus serré, ce qui permet une économie d'énergie et le maintien de leur température corporelle (Zitterbart *et al.*, 2011).

La synchronisation peut aussi diminuer le risque lié à la prédation, puisque chaque individu bénéficie d'une meilleure protection contre les prédateurs (Duranton & Gaunet, 2016 ; Palagi *et al.*, 2015). Quand tous les individus d'un groupe se déplacent en même temps, cela permet aux individus de rester proches, ce qui favorise l'effet de dilution : chaque individu a moins de risque d'être attrapé par un prédateur. En outre, la synchronisation augmente l'efficacité de défense des individus contre les prédateurs, on parle d'effet de groupe (Duranton & Gaunet, 2016). Par ailleurs, la synchronisation de la vigilance, définie comme l'observation attentive de l'environnement pour détecter la présence d'un danger potentiel, permet l'alternance entre des périodes où les individus sont vigilants en même temps, pour assurer une surveillance optimale de l'environnement lorsqu'un danger peut survenir, et d'autres périodes où peu de membres du groupe sont vigilants simultanément (Beauchamp, 2015). De cette façon, chaque individu passe moins de temps à être vigilant et peut consacrer plus de temps aux autres activités telles que la recherche de nourriture, sans que cela n'affecte la probabilité de détecter le danger. Chez les oiseaux, par exemple, cela assure une détection précoce des prédateurs et une fuite rapide en cas de danger (Beauchamp, 2015).

L'ensemble de ces stratégies mènent à l'émergence de comportements collectifs (cf Figure 2). Un mouvement collectif est le déplacement synchronisé d'un groupe d'individus dans une même direction, avec le maintien de sa cohésion jusqu'à l'arrêt du déplacement ou du commencement d'une nouvelle activité (Petit & Bon, 2010). Ce mouvement résulte de l'initiation d'une activité par un individu leader, suivi par les autres membres du groupe. Le maintien du mouvement suppose des déplacements simultanés des membres du groupe, et repose sur le transfert d'informations entre eux, par le biais d'indices ou de signaux comportementaux (Petit & Bon, 2010). Ainsi, les poissons en bancs synchronisent leur direction et leur vitesse avec celles de leurs voisins, les oiseaux en vol synchronisent le décollage et l'atterrissage, et les moustiques synchronisent leurs battements d'ailes (Louwerse *et al.*, 2012). La grégarité est en étroite lien avec la synchronisation comportementale (Hauschildt & Gerken, 2015). Chez les moutons notamment, les individus hautement grégaires présentent une synchronisation comportementale plus élevée que ceux qui sont peu grégaires, et cela modifie la force de la cohésion du groupe (Hauschildt & Gerken, 2015).



**Figure 2 - Exemples de mouvements collectifs.** De gauche à droite : banc de poissons se déplaçant ensemble dans la même direction, vol d'oiseaux en formation en chevron, troupeau de moutons qui s'alimentent en même temps. Source des photographies : <https://unsplash.com>

La synchronisation comportementale est présente au sein des groupes et entre deux individus (Duranton & Gaunet, 2016 ; Osvath & Sima, 2014). A l'échelle de la dyade, elle a pour avantage de diminuer le coût de la recherche de nourriture, le risque de prédation et permet le maintien des liens entre individus (Duranton & Gaunet, 2018). Par exemple, dans de nombreuses espèces animales, la prédation des nouveau-nés est l'une des premières causes de mortalité et la synchronisation du comportement parental est une stratégie pour limiter la pression de prédation (Duranton & Gaunet, 2016).

#### 4. Fonction sociale de la synchronisation comportementale

La synchronisation comportementale existe au sein de nombreuses espèces et contribue au fonctionnement social des dyades et des groupes. Il s'agit d'un mécanisme évolutif qui facilite le lien social, la cohésion et qui agit comme une « glue sociale » (Gordon *et al.*, 2020 ; Launay *et al.*, 2016 ; Ostner *et al.*, 2021). Dans toutes les espèces sociales, la synchronisation comportementale permet aux individus de rester proches les uns des autres, ce qui assure la cohésion et permet d'améliorer la coopération au sein du groupe, et ceci, dans une grande variété de contextes (Miles *et al.*, 2011 ; Ostner *et al.*, 2021). En effet la synchronisation comportementale et l'attraction entre congénères sont des conditions indispensables à la cohésion chez les animaux socialement organisés ; plus il y aura de la dysharmonie au sein du groupe, plus ce dernier est susceptible de se diviser (Duranton & Gaunet, 2016 ;

Gautrais *et al.*, 2007 ; Hauschildt & Gerken, 2015). Chez les espèces grégaires, la cohésion sociale se traduit par l'expression d'un état actif ou inactif au même instant, quelle que soit la nature de l'activité (Gautrais *et al.*, 2007). Par exemple, les ruminants présentent un degré de synchronisation élevé, notamment lors des transitions entre un état d'inactivité (repos, rumination) vers un état d'activité (déplacement, prise alimentaire), ce qui constitue un marqueur de cohésion au sein du groupe (Gautrais *et al.*, 2007).

Les études menées chez l'Homme ont montré qu'une synchronisation accrue améliore la coopération et la performance globale des individus (Baimel *et al.*, 2015 ; Ostner *et al.*, 2021). En effet, les groupes les plus cohésifs ont tendance à être plus efficaces que ceux qui le sont moins (Gordon *et al.*, 2020 ; Miles *et al.*, 2009). Dans des tâches de chant ou de déplacement, par exemple, les personnes qui agissent en synchronie coopèrent davantage que celles qui sont asynchrones. La synchronisation favorise le développement de l'intérêt pour les autres membres du groupe et des sentiments de sympathie, de similarité et de confiance. Ces sentiments n'ont pas été observés chez les participants accomplissant la même tâche de manière asynchrone, ce qui montre l'efficacité de la synchronisation comportementale pour cultiver la cohésion sociale et le sentiment d'appartenance à un groupe (Baimel *et al.*, 2015). A l'échelle de la dyade, la synchronisation comportementale augmente la coopération et facilite la planification de l'action (Gordon *et al.*, 2020 ; Miles *et al.*, 2009). Par exemple, deux personnes impliquées dans une activité physique se montrent plus coopératives, se sentent plus proches et se font davantage confiance lorsqu'elles réalisent cette activité de façon synchronisée (Wheatley *et al.*, 2012).

La synchronisation comportementale améliore la communication entre individus et facilite les relations sociales (Wheatley *et al.*, 2012). Par exemple, au cours d'une conversation, les interlocuteurs ont tendance à adopter la même posture et synchronisent leurs mouvements. De plus, cette synchronisation améliore la mémorisation de l'apparence et des paroles du partenaire d'interaction (Macrae *et al.*, 2008). Dans cette perspective, la synchronisation n'est pas seulement la simple perception et reproduction d'une séquence motrice, il s'agit plutôt d'un mécanisme inconscient favorisant les échanges sociaux et la création de liens émotionnels entre individus (Palagi & Scopa, 2017).

Même les nouveau-nés sont sensibles aux attitudes et aux gestes des adultes. Par exemple, un bébé sourit en réponse au sourire de sa mère et reproduit ses expressions faciales. Ces réponses motrices permettraient de préparer la future acquisition du langage, essentielle pour la communication entre individus (Duranton & Gaunet, 2016). Chez l'Homme, la capacité de synchronisation interpersonnelle se développe dès l'âge de quatorze mois, par le biais de la synchronisation parents-enfants, et elle a un impact social tout au long de la vie, car améliore les interactions sociales dans de nombreuses situations quotidiennes (Baimel *et al.*, 2015 ; Wheatley *et al.*, 2012).

## 5. Synchronisation comportementale et affiliation

La synchronisation comportementale encourage les liens sociaux entre individus et c'est un marqueur d'affiliation (Lakin *et al.*, 2008 ; Wheatley *et al.*, 2012). En effet, la synchronisation comportementale et l'affiliation sont liées et se renforcent mutuellement : d'une part, la synchronisation permet de favoriser l'attachement et la sympathie entre les partenaires et, d'autre part, plus les liens sociaux se développent, plus forte est la synchronisation (Duranton & Gaunet, 2016 ; Katayama *et al.*, 2019 ; Wheatley *et al.*, 2012). A titre d'illustration, dans les bars de célibataires, les personnes ayant un objectif d'affiliation ont tendance à synchroniser leurs comportements, notamment le fait de porter leur verre à leurs lèvres et de boire. Au fur et à mesure de leurs interactions, ces personnes synchronisent de plus en plus leurs comportements, ils présentent les mêmes mouvements des mains et de la tête, par exemple (Guéguen & Martin, 2008). De même, le degré de synchronisation prédit le niveau d'affiliation (Hove & Risen, 2009). Par exemple, les chiens montrent une plus forte synchronisation avec les congénères avec lesquels ils ont un haut degré d'affiliation : lors de sessions de jeu, le degré de synchronisation est plus élevé entre chiens partageant un lien social fort qu'entre chiens non familiers (Palagi *et al.*, 2015).

## 6. Synchronisation comportementale et structure sociale

Les espèces animales vivant en groupes sont capables de reconnaissance interindividuelle et présentent une structure sociale organisée (Vogel *et al.*, 1950). L'organisation hiérarchique, reposant sur des relations de dominance et de subordination, est une structure sociale que l'on retrouve dans de nombreuses sociétés animales, chez les loups et les primates à titre d'exemple. Les relations au sein de ces groupes sociaux sont stables et la nature des interactions entre les membres du groupe dépend de leur rang social, c'est-à-dire de la position sociale qu'ils occupent au sein de la structure hiérarchique (Ostner *et al.*, 2021). Les individus subordonnés accordent plus d'importance aux actions des animaux de rang social élevé. De ce fait, les rangs sociaux jouent un rôle important dans la synchronisation comportementale (Kubinyi *et al.*, 2009). En effet, la synchronisation entre les membres du groupe est plus forte si l'action est initiée par un individu dominant (Ostner *et al.*, 2021). Par exemple, si l'animal dominant se déplace, le reste du groupe suit son mouvement mais, si la même action est amorcée par un individu de rang social moins élevé, les chances que les autres membres du groupe adaptent leur comportement sont beaucoup plus faibles (Petit & Bon, 2010).

Par ailleurs, lorsque le groupe social fait face à une surpopulation ou un manque d'accès aux ressources alimentaires, un individu dominé est considérablement désavantagé en matière d'accès à la nourriture et de protection, il peut même être exclu du groupe (Wheatley *et al.*, 2012). Les membres du groupe se synchronisent entre eux mais ne se synchronisent pas avec les individus n'appartenant pas ou plus au groupe. Pour autant, les animaux exclus se synchronisent davantage sur les membres du groupe que les animaux inclus dans le groupe, ce qui peut être interprété comme une tentative pour réintégrer la structure sociale (Lakin *et al.*, 2008).



## 7. Support neuronal de la synchronisation comportementale

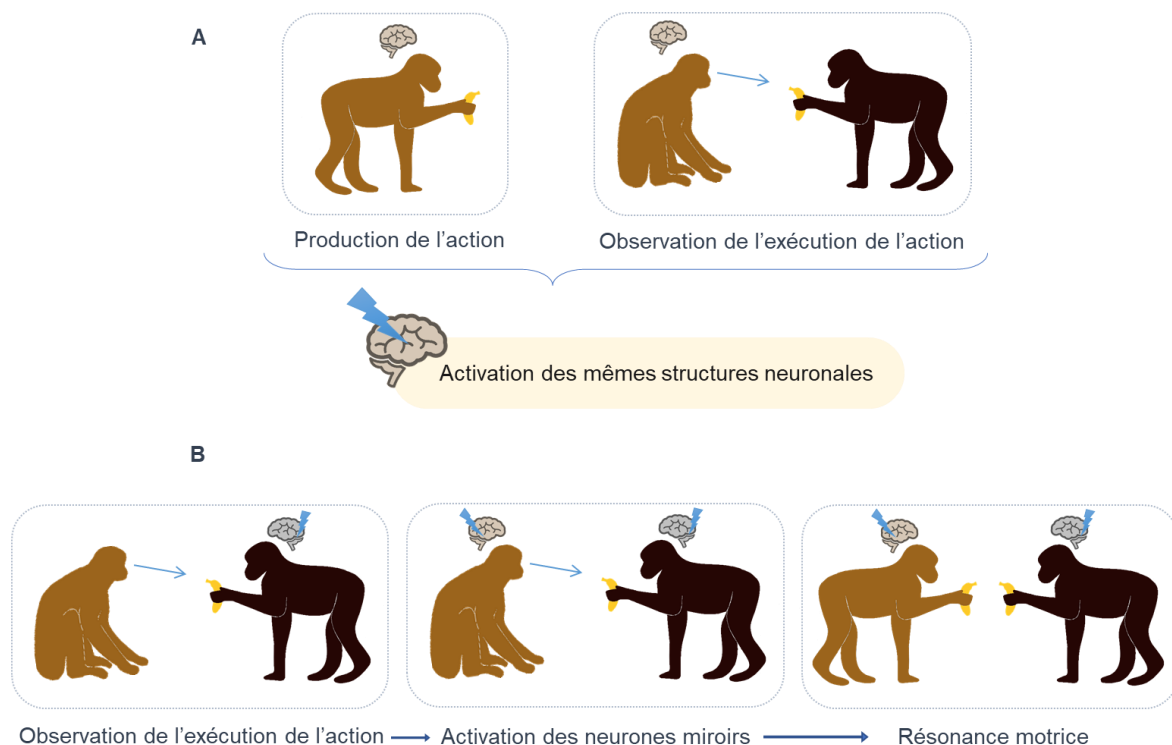
Les théories actuelles supposent que la synchronisation comportementale est fondée sur le couplage entre la perception et l'action. Plus précisément, le fait de percevoir une autre personne réaliser une action ou d'exécuter soi-même cette action, active les mêmes neurones moteurs (Hove & Risen, 2009 ; Palagi *et al.*, 2015). Ces neurones, qui s'activent lors de l'observation ou de l'exécution d'une action, sont appelés neurones miroirs. La découverte de ces neurones dans les cortex prémoteur et pariétal des primates a fourni la preuve neurophysiologique du couplage entre la perception et l'action (Palagi *et al.*, 2015 ; Topál *et al.*, 2006). Cela suggère que la perception et l'exécution de l'action dépendent des mêmes régions cérébrales (cf Figure 3). En conséquence, lorsqu'un individu observe une personne effectuant une action, le cortex moteur de chacun des deux partenaires est activé, on parle alors de « résonance motrice » (Heyes, 2009 ; Palagi & Scopa, 2017). Ce phénomène peut mener à des comportements synchrones (cf Figure 3), puisque l'activation du système moteur de l'observateur favorise l'exécution de l'action par ce dernier, même s'il n'avait pas initialement l'intention de se synchroniser (Huber *et al.*, 2014 ; Wheatley *et al.*, 2012). Par exemple, lorsqu'un individu bâille, les neurones miroirs des personnes qui l'entourent sont activés et cela provoque leur bâillement.

Plus les individus synchronisent leurs comportements, plus l'activation des neurones miroirs est forte. Par exemple, lorsque deux partenaires tapotent leurs doigts, les neurones miroirs des deux individus sont activés, et s'ils effectuent le tapotement au même rythme, l'activité des neurones miroirs est plus élevée, donc la résonance motrice est renforcée (Hove & Risen, 2009). De même, lorsque deux individus réalisent une activité en coopération, comme jouer en équipe à un jeu vidéo, l'activation neuronale de chaque partenaire est plus forte que lorsqu'ils sont en compétition, comme jouer en tant qu'adversaires. (Repp & Su, 2013).

Il a également été montré que la résonance motrice joue un rôle dans la dynamique de groupe et l'émergence d'un leader (Gordon *et al.*, 2020). Des enregistrements d'activité cérébrale par spectroscopie fonctionnelle dans le proche infrarouge ont été réalisés lors de discussions de groupe (Jiang *et al.*, 2015). Au cours de ces discussions, on observe systématiquement l'émergence d'un leader, c'est l'individu qui prend le plus souvent la parole et qui présente de meilleures compétences

en communication que les autres interlocuteurs. Ces derniers ont tendance à ajuster inconsciemment leur gestuelle et leurs expressions faciales sur celles du leader. Au niveau neuronal, l'activité des neurones miroirs des membres du groupe est plus forte lorsque la communication verbale est initiée par le leader, par rapport à celle initiée par les autres interlocuteurs (Jiang *et al.*, 2015).

Le système des neurones miroirs présente des avantages adaptatifs, en améliorant la compréhension des autres et en favorisant la création de liens entre individus (Gordon *et al.*, 2020). En effet, la perception et l'exécution de l'action activent le cortex moteur : de la même façon, la perception des émotions active les mêmes neurones que l'expression de ces émotions, on parle alors de « résonance émotionnelle ». C'est le cas, par exemple, lorsqu'une personne ressent de la tristesse en voyant un autre individu pleurer. Ces neurones sont parfois appelés neurones empathiques, puisque leur activation lors de la perception d'une émotion permet de mieux la déchiffrer. En ce sens, la résonance émotionnelle favorise l'établissement d'une proximité entre individus (Hove & Risen, 2009).



**Figure 3 – Neurones miroirs et résonance motrice.** A : Les mêmes structures neuronales (neurones miroirs) sont impliquées dans la perception et l'exécution d'une action. B : L'observation d'une action induit l'activation des neurones impliqués dans la production de l'action, les neurones des deux individus se mettent en phase, et cette résonance entraîne une synchronisation motrice ou de l'activité.

## II. Compétences cognitives canines permettant la synchronisation comportementale

### 1. Sensibilité des chiens aux indices sociaux de leurs conspécifiques

Le chien est une espèce sociale intelligente dont les interactions intraspécifiques sont complexes (Topál *et al.*, 2006). Les chiens en liberté forment des meutes stables de deux à douze individus et, au même titre que les autres espèces sociales vivant en groupes, ils ont développé des mécanismes cognitifs leur permettant de communiquer, de coopérer et de défendre collectivement leur territoire et leurs ressources alimentaires (Bonanni & Cafazzo, 2014 ; Ostojic & Clayton, 2014).

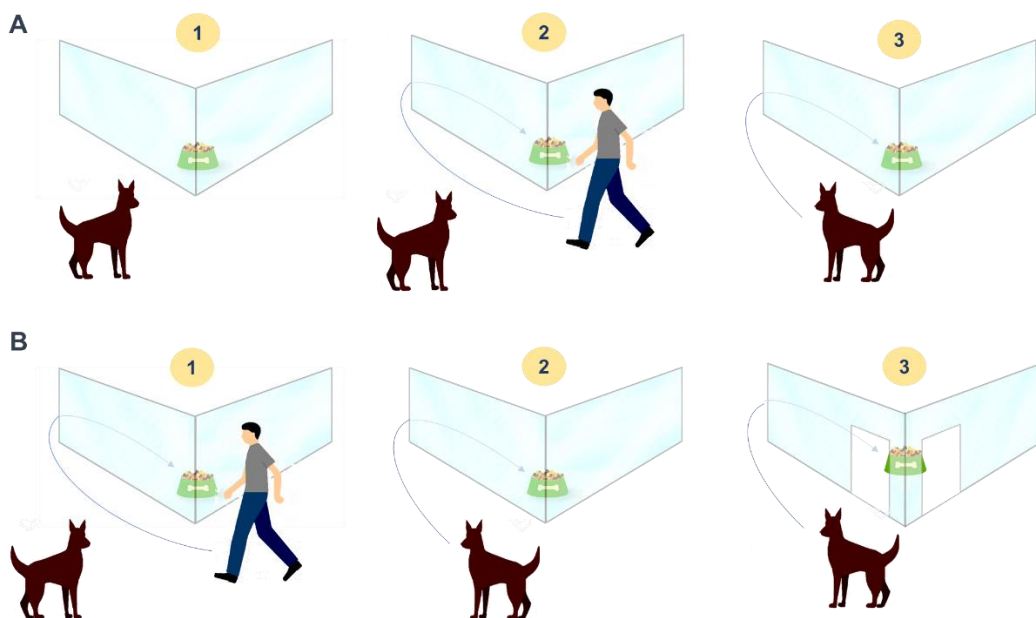
Les chiens sont sensibles aux comportements de leurs congénères. Par exemple, ils sont capables de copier les mouvements de leurs conspécifiques pour réaliser une action (Duranton & Gaunet, 2015). En effet, dans beaucoup d'interactions dyadiques intraspécifiques, un chien ajuste son comportement sur celui de son partenaire (Duranton & Gaunet, 2015). Par exemple, Range *et al.* (2007) ont mis en place une expérience dans laquelle des chiens devaient tirer une tige en bois pour ouvrir un récipient et obtenir une récompense alimentaire. Dans cette situation, les chiens utilisaient naturellement leur gueule pour manipuler la tige. Un chien démonstrateur a été préalablement entraîné à tirer la tige avec le membre antérieur. Si le démonstrateur portait une balle dans sa gueule, le chien observateur ne reproduisait pas son action, mais utilisait sa gueule pour tirer la tige. En revanche, si le démonstrateur ne portait pas de balle, l'observateur le copiait et se servait de son membre antérieur pour manipuler la tige (Range *et al.*, 2007). En résumé, lorsque le démonstrateur ne pouvait de toute façon pas utiliser sa gueule puisqu'il portait une balle, l'observateur ne le copiait pas, mais lorsque le démonstrateur utilisait son membre alors qu'il aurait pu utiliser sa gueule, le démonstrateur l'imitait. Par conséquent, les chiens, au même titre que les jeunes enfants, reproduisent sélectivement l'action de leurs conspécifiques en tenant compte de l'ensemble de la situation (Range *et al.*, 2007).

## 2. Sensibilité des chiens aux indices sociaux humains

Le chien présente des compétences cognitives sociales améliorées, de par sa cohabitation de longue durée avec l'Homme (Huber *et al.*, 2014). Le chien forme des liens émotionnels forts avec l'Homme et ces deux espèces partagent de nombreuses activités quotidiennes. En outre, le fait que les chiens vivent dans un environnement social humain en fait des animaux naturellement "enculturés". L'enculturation, c'est-à-dire l'interaction et le contact permanent avec l'Homme, a permis aux chiens d'acquérir une grande expérience dans l'interprétation des signaux de communication humains (Virányi *et al.*, 2004).

Cette capacité du chien à traiter les informations sociales humaines connaît un intérêt grandissant dans la recherche en cognition sociale. (Marshall-Pescini & Kaminski, 2014). Depuis plus de 10 ans, les preuves démontrant que le chien est, dans une certaine mesure, sensible à différentes formes de la communication humaine s'accumulent. Chez l'Homme, la communication dans les interactions sociales est essentiellement acoustique (langage et communication verbale) et visuelle (expressions faciales et importance du regard). Le chien dispose aussi de divers moyens de communication comprenant les signaux olfactifs, visuels (configurations faciale et posturale, utilisation expressive des yeux, des lèvres et des dents), et vocaux (grognement, aboiement et gémissement) (Deputte, 2010 ; Horowitz, 2009). Le chien a développé la capacité de compréhension de nos modes de communication. Par exemple, la dynamique du contact visuel joue un rôle crucial dans la communication humaine ; en revanche, chez le chien, le regard direct entre conspécifiques est un signe de menace, pourtant, le chien a une forte tendance à établir un contact visuel avec l'Homme lors des interactions interspécifiques. Ces regards sont associés à une augmentation de la sécrétion d'ocytocine chez les deux partenaires, ce qui joue un rôle dans le développement des liens sociaux (Hare, 2002 ; Virányi *et al.*, 2008). Par ailleurs, dans une tâche de coopération, le chien perçoit le partenaire social de la même façon, qu'il s'agisse d'un humain ou d'un autre chien, ce qui montre que le chien s'appuie sur le même système de représentation dans les deux situations (Ostojic & Clayton, 2014).

Plusieurs expériences ont permis de montrer que les chiens sont capables d'utiliser les informations fournies par l'Homme pour accomplir une action. Par exemple, dans une tâche de détour dans laquelle une récompense était placée derrière une clôture transparente en forme de V (cf Figure 4), les chiens ont été plus performants pour contourner la clôture lorsque l'action avait été d'abord montrée par un humain, qu'il soit familier ou non, ce qui montre que les chiens confrontés à une nouvelle tâche sont capables de se fier aux actions humaines (Pongrácz *et al.*, 2001). Dans une autre expérience mais utilisant un dispositif similaire, les chiens ont appris à contourner la clôture après avoir observé un humain le faire, puis deux portes ouvertes ont été proposées comme alternative pour les essais suivants (Pongrácz *et al.*, 2003). Les chiens ont eu tendance à continuer à dévier le long de la clôture même si les portes étaient ouvertes, ils n'ont donc pas opté pour le chemin plus facile et plus court. Ces résultats montrent que les chiens peuvent utiliser les informations obtenues par l'observation d'un démonstrateur humain et cela peut contribuer à une préférence pour un comportement moins adaptatif, dans une situation problématique (Pongrácz *et al.*, 2003).



**Figure 4 – Dispositif expérimental de la tâche de détour, d'après les travaux de Pongrácz *et al.*, 2001 et 2003.** A : Le chien voit la récompense alimentaire derrière la barrière transparente et doit contourner l'obstacle pour atteindre la nourriture (1). Lorsqu'il observe un humain réaliser la tâche (2), le chien apprend plus rapidement à obtenir la cible (3). B : Lorsque le chien a observé l'humain contourner l'obstacle (1) et est entraîné à atteindre la cible de cette façon (2), il privilégie ce chemin même lorsqu'une possibilité plus facile et rapide est présentée (3)

### 3. Référenciation sociale

Le chien de compagnie fait preuve de référenciation sociale, c'est-à-dire qu'en présence d'un stimulus inconnu ou d'une situation nouvelle, le chien recherche des informations sociales fournies par l'Homme et utilise ces informations pour ajuster son propre comportement (Merola *et al.*, 2012). Dans une étude, des chiens adultes ont été confrontés à un objet potentiellement effrayant en présence de leur propriétaire ou d'un expérimentateur non familier, qui ont fourni un message émotionnel vocal ou facial positif ou négatif, par rapport à l'objet cible. Les résultats de cette étude indiquent que les chiens, après avoir observé l'objet, regardaient de manière référentielle l'humain, considéré comme informateur, quelle que soit son identité (Merola *et al.*, 2012). De plus, lorsque le propriétaire jouait le rôle de l'informateur, les chiens ayant reçu un message émotionnel positif modifiaient leur comportement en regardant plus souvent l'objet et passant plus de temps à s'en approcher. À l'inverse, les chiens ayant reçu un message négatif mettaient plus de temps à s'approcher de l'objet et à interagir avec lui. Ainsi, en présence du nouveau stimulus, les chiens utilisent la réaction de leur propriétaire pour guider leur propre attitude. Les différences de comportement ont été moins marquées lorsque l'informateur était une personne non familière, ce qui suggère que la relation entre le chien et l'informateur peut influencer l'ajustement comportemental du chien (Merola *et al.*, 2012).

La référenciation sociale a également été étudiée chez les chiens de refuge : lorsqu'ils rencontrent une personne inconnue en présence de leur soigneur, les chiens de refuge ne modifient pas leur réaction envers la personne étrangère en fonction de l'attitude du soigneur, donc les chiens de refuge ne semblent pas utiliser le comportement du soigneur comme indice pour guider leur propre réaction (Duranton *et al.*, 2017a). Le faible lien entre le chien de refuge et le soigneur pourrait expliquer l'absence de référenciation sociale, ce qui soutient l'idée que l'ajustement comportemental du chien peut être modifié par la qualité de la relation entre le chien et l'informateur humain.

#### 4. Communication ostensive et référentielle

La communication correspond à la transmission d'informations entre un individu émetteur et un individu receveur, avec un bénéfice pour chacun des partenaires impliqués dans l'interaction (Duranton *et al.*, 2017a). Un individu qui souhaite interagir en communiquant avec son partenaire utilise des comportements visant, d'une part, à exprimer son intention de communication et, d'autre part, à s'adresser à lui pour lui transmettre des informations. Ainsi, les comportements communicatifs peuvent être caractérisés au travers de deux composantes : les signaux ostensifs, qui permettent à l'émetteur de communiquer au receveur l'intention de montrer une cible, et les signaux référentiels, qui consistent à indiquer la cible (Duranton *et al.*, 2017a).

Les signaux ostensifs utilisés dans cette communication servent à spécifier sans ambiguïté au récepteur qu'il est le destinataire de l'information transmise : un regard direct dans le but de générer un contact visuel et l'appel du nom du récepteur sont, par exemple, des signaux ostensifs couramment employés dans la vie quotidienne (Duranton *et al.*, 2017a).

Les signaux référentiels permettent d'orienter l'attention du récepteur vers la cible. L'émetteur peut utiliser sa position corporelle, des gestes de la main comme le pointage du doigt, ou des formes plus subtiles d'orientation visuelle comme le fait de tourner le visage ou d'orienter le regard vers une direction précise (Duranton *et al.*, 2017c).

Au niveau expérimental, la communication ostensive et référentielle peut être explorée au travers des critères suivants : des regards orientés successivement entre le récepteur et la cible, la présence de comportements visant à attirer l'attention du récepteur sur la cible, et l'influence de l'état attentionnel du récepteur sur ces comportements (Gaunet & Deputte, 2011). L'étude de l'existence de ces critères dans la communication entre le chien et l'Homme a fait l'objet de nombreuses recherches (Gaunet & Deputte, 2011 ; Pongrácz *et al.*, 2001 et 2003 ; Range *et al.*, 2007).

#### a. Utilisation des signaux ostensifs

Les chiens sont sensibles à plusieurs dimensions importantes de la communication humaine, et particulièrement aux signaux ostensifs (Kaminski *et al.*, 2012). Au cours des interactions interspécifiques, les chiens semblent être capables de détecter l'intention de communication de l'Homme en se fiant à son regard (cf Figure 5) (Kaminski *et al.*, 2012 ; Soproni *et al.*, 2001 ; Téglás *et al.*, 2012). En effet, le contact visuel est un signal ostensif très utilisé chez l'Homme et, ceci, dès le plus jeune âge, pour indiquer une intention de communication. Le chien, au même titre que les nourrissons, utilise la direction du regard de l'Homme pour déterminer si ce dernier s'adresse spécifiquement à lui (cf Figure 5).

Plusieurs études se sont intéressées à l'importance des signaux ostensifs dans la communication interspécifique. Par exemple, Kaminski *et al.* (2012) ont mis en place un exercice au cours duquel une personne indiquait une cible parmi les deux présentées, soit en la désignant du doigt, soit en la regardant. Des chiens adultes et des chiots ont été testés dans deux conditions expérimentales : soit l'expérimentateur établissait un contact visuel avec le chien en association avec le geste, soit aucun contact visuel n'était établi. D'après cette étude, les chiens ont de meilleures performances pour choisir la bonne cible quand l'Homme a établi un contact visuel direct. Cela révèle l'importance du contact visuel dans la communication entre l'Homme et le chien, sans différence entre les chiens adultes et les chiots (Kaminski *et al.*, 2012). Dans une autre expérience, des chiens ont regardé des enregistrements vidéo dans lesquelles une personne se tournait vers un objet ; un oculomètre permettait d'enregistrer les mouvements oculaires des chiens (Téglás *et al.*, 2012). Les résultats de cette étude indiquent que les chiens suivent davantage la direction du regard de l'expérimentateur lorsqu'il exprime une intention de communication, ici matérialisée par un regard direct vers le chien, avant de se tourner vers l'objet. Dans une autre étude, un expérimentateur était positionné à quelques mètres de distance du chien et regardait un objet parmi les deux présentés en variant la nature des signaux ostensifs avec trois conditions : soit il regardait directement l'objet sans prêter attention au chien (pas de signal ostensif), soit il appelait le chien avant de regarder l'objet (signal ostensif simple), soit il appelait le chien par son nom à plusieurs reprises avant de regarder l'objet (signaux ostentifs répétés) (Duranton *et al.*, 2017a). A nouveau, les chiens ont mieux suivi la direction du regard de l'expérimentateur lorsque



ce dernier émettait des indices de communication ostensifs que lorsqu'aucun signal ostensif n'était émis, et plus les signaux étaient répétés, plus les chiens ont suivi la direction du regard (Duranton *et al.*, 2017c).

Finalement, les chiens sont capables d'exploiter les signaux ostensifs humains et comprennent l'intention de communication. La performance des chiens durant ces exercices a été proche de celle de jeunes enfants testés dans les mêmes conditions expérimentales. Il semble donc que les chiens, comme les nourrissons de 6 mois, interprètent ces situations comme étant une forme de communication ostensive (Téglás *et al.*, 2012).



**Figure 5 – Exemple de communication par contact visuel.** Le regard direct du propriétaire pour établir un contact visuel avec son chien est un signal de communication ostensive régulièrement utilisé, cela permet à l'humain d'indiquer à son animal son intention de communication. Source de la photographie : <https://pixabay.com>

## b. Utilisation des signaux référentiels

Le chien est capable d'utiliser les gestes de communication référentielle produits par l'Homme pour entreprendre une action (Gaunet, 2010). Par exemple, lorsqu'une personne cache de la nourriture sous un récipient parmi plusieurs, hors de la vue du chien, puis indique l'emplacement de la friandise cachée en le pointant du doigt, le chien est capable de suivre la direction indiquée pour trouver la nourriture.

La capacité du chien à utiliser les signaux référentiels pourrait être issue de simples apprentissages. On pourrait penser que le chien apprend à faire l'association entre la gestuelle de l'Homme et l'obtention de la friandise. Ce type d'apprentissage est appelé conditionnement opérant : c'est l'association entre un comportement spécifique, ici s'approcher de l'objet le plus proche de la main de l'Homme, et les conséquences de ce comportement, ici l'obtention de la nourriture (Staddon & Cerutti, 2003). Dans ce cas, le chien ne serait pas sensible aux signaux plus discrets, comme le fait de diriger le regard ou de hocher la tête vers la friandise cachée. Pourtant, le chien est capable de trouver la nourriture avec des signaux subtils (McKinley & Sambrook, 2000 ; Miklösi *et al.*, 1998; Range *et al.*, 2007). Le chien suit la direction du regard, sauf lorsque l'orientation de la tête est opposée à la direction des yeux, *i.e.* lorsque la personne regarde vers la droite en tournant la tête à gauche ou inversement (Hare *et al.*, 1998). Des chercheurs ont mis en place un protocole expérimental dans lequel une personne désignait du doigt un gobelet contenant une récompense alimentaire, tout en se tenant à côté d'un gobelet vide (Hare *et al.*, 1998). Dans cette situation, le chien a quand même suivi le geste de pointage. Si l'expérimentateur s'éloignait activement du gobelet contenant la friandise tout en le désignant, le chien continuait de suivre la direction indiquée par le doigt (McKinley & Sambrook, 2000). Par conséquent, le comportement des chiens pour trouver la friandise ne résulte pas d'un apprentissage par association, le chien comprend les signaux référentiels comme une forme de communication visant à désigner une cible (Miklösi *et al.*, 1998; Miklósi & Soproni, 2006).

### c. Sensibilité à l'état attentionnel

L'attention, en tant que phénomène comportemental, peut être étudiée par des indices observables tels que le regard : lorsqu'un sujet porte son attention sur une cible, il dirige son regard vers celle-ci (Virányi *et al.*, 2004). De plus en plus de recherches montrent que les chiens sont sensibles à l'état attentionnel de leurs congénères. Dans le cadre d'une interaction naturelle de jeu par exemple, les chiens présentent une sensibilité à l'attention visuelle de leurs partenaires et ils émettent des signaux de jeu à destination des congénères tournés vers eux (Horowitz, 2009).

Le chien vit dans un environnement humain dans lequel beaucoup d'informations ne sont pas pertinentes pour lui. Au cours de sa croissance, le chien a de nombreuses opportunités d'apprendre quels indices sociaux humains lui sont destinés (Duranton *et al.*, 2017b). Ainsi, le chien est attentif à l'état attentionnel de l'Homme et est sensible au fait qu'une personne les regarde ou non dans une situation donnée. Par exemple, dans une expérience, des chiens ont été mis en présence d'une récompense alimentaire visible et accessible, mais un expérimentateur leur a interdit de toucher à la nourriture (Call *et al.*, 2003). Ensuite, soit l'expérimentateur continuait à regarder le chien, quittait la pièce, tournait le dos, s'adonnait à une activité distrayante, ou fermait les yeux. Les chiens n'ont pas eu la même attitude en fonction de l'état attentionnel de la personne. En particulier, lorsque l'expérimentateur les regardait, les chiens se sont moins approchés de la nourriture, ont moins désobéi et se sont plus souvent assis, par rapport aux autres conditions (Call *et al.*, 2003).

Le chien utilise l'orientation du corps, de la tête et du regard pour reconnaître l'état attentionnel de l'Homme (Gácsi *et al.*, 2004). Par exemple, quand le propriétaire donne un ordre verbal, comme « assis » ou « couché », le chien est plus réactif pour effectuer la commande lorsque le propriétaire est face de lui que lorsqu'il lui tourne le dos ou est face à une autre personne (Virányi *et al.*, 2004). Pour solliciter de la nourriture, le chien s'oriente vers les personnes qui lui font face plutôt que celles qui ne prêtent pas attention (Virányi *et al.*, 2004). Les chiens sont donc capables d'utiliser les indices comportementaux et faciaux pour détecter l'attention humaine.

#### d. Capacité des chiens à attirer l'attention

Il existe une forme de communication intentionnelle chez le chien. Au cours d'une session de jeu entre chiens, par exemple, si le congénère ne le regarde pas, le chien peut bouger et changer de comportement pour attirer l'attention de son partenaire. Plus le compagnon de jeu est distrait, plus les comportements visant à capter son attention sont répétés (Horowitz, 2009).

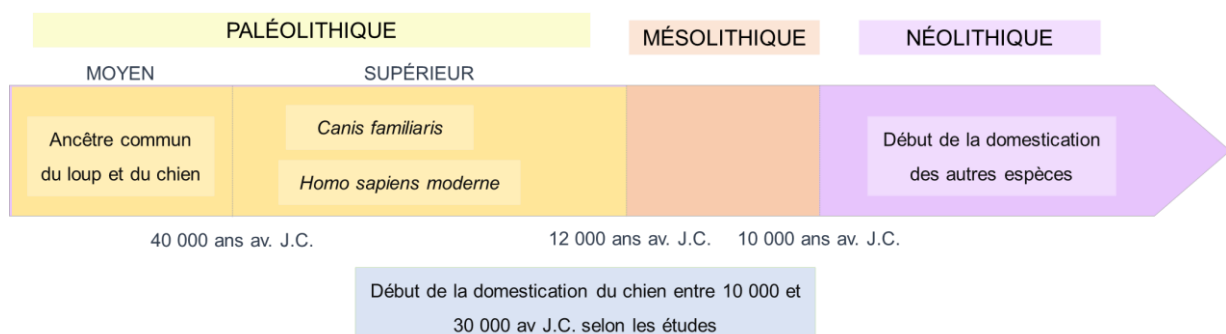
Au niveau interspécifique, des recherches ont montré que lorsque le chien est témoin de la dissimulation d'une récompense (une friandise ou un jouet) à laquelle il ne peut accéder, il utilise des signaux tels que les vocalisations ou l'alternance de regard pour indiquer à son propriétaire l'emplacement de cette récompense (Miklósi *et al.*, 2000; Virányi *et al.*, 2006). L'alternance du regard correspond à des coups d'œil successifs entre deux cibles, ici le chien alterne son regard entre la récompense et l'Homme (Gaunet & Deputte, 2011). Lorsque le chien est seul dans la pièce avec la récompense hors de portée, il émet très peu de vocalisations, donc les signaux émis en présence du propriétaire sont bien des comportements de communication visant à attirer l'attention de l'Homme (Gaunet & Deputte, 2011 ; Miklósi *et al.*, 2000 ). Lorsque la cible est en hauteur, le chien se place dans une position optimale par rapport à la hauteur de la cible et la ligne de regard du propriétaire (Gaunet & Deputte, 2011). Dans une autre étude, des chiens ont été mis en présence de trois récipients dont un seul contenait une friandise. Ils ont alors été capables de guider l'expérimentateur vers l'emplacement contenant la nourriture, principalement en aboyant et en orientant leur corps vers le récipient (Hare *et al.*, 1998).

#### 5. Lien entre capacités cognitives et domestication

Le chien et l'Homme partagent un environnement commun depuis plusieurs dizaines de milliers d'années. De fait, le chien est sans cesse exposé aux comportements humains et s'est familiarisé aux signaux de communication humaine (Huber *et al.*, 2018). Une théorie très répandue dans la communauté scientifique indique que cette coévolution de longue date entre le chien et l'Homme aurait engendré des changements comportementaux au sein de l'espèce canine (Soproni *et al.*, 2001). Cette hypothèse est fondée sur la coïncidence spatio-temporelle entre

l'émergence de *Canis familiaris* et des formes particulières de coopération et de communication chez les *Homo sapiens* modernes (cf Figure 6). Lors du processus de domestication, les individus capables de mieux s'adapter à l'environnement humain ont obtenu un avantage sélectif, ce qui a mené à la sélection de traits comportementaux similaires à ceux de l'Homme au sein de l'espèce canine (Soproni *et al.*, 2001). En raison de son histoire de domestication, le chien a développé des capacités cognitives facilitant ses interactions avec l'Homme (Ostojic & Clayton, 2014).

Au fil des siècles, les chiens ont progressivement été sélectionnés pour diverses aptitudes comme le rassemblement du troupeau, la garde, la chasse ou, plus récemment, la compagnie. La domestication a mené à la création de races basée sur des critères morphologiques et la spécialisation fonctionnelle. Il existe d'ailleurs des différences entre les races de chiens sur leurs capacités d'exploitation des signaux humains (Lord *et al.*, 2016). En effet, les races de travail, sélectionnées pour accomplir une tâche (chiens de berger, chiens de chasse, chiens de garde) ont de meilleures performances dans l'utilisation des indices sociaux humains que les races d'agrément, sélectionnées exclusivement pour la compagnie et pour leur petite taille (McKinley & Sambrook, 2000). Cela suggère que les capacités cognitives sociales des chiens sont la conséquence évolutive des processus de domestication et d'enculturation.



**Figure 6 – Chronologie simplifiée de la spéciation du chien.** L'échelle du temps est donnée en années avant Jésus-Christ (J.C.). La divergence entre le loup gris (*Canis lupus lupus*) et le chien (*Canis lupus familiaris*) daterait du début du paléolithique supérieur. Le chien a été la première espèce domestiquée par l'Homme, plusieurs milliers d'années avant le cheval (*Equus caballus*) et la vache (*Bos taurus*).

## 6. Comparaison des aptitudes cognitives du chien avec celles des autres espèces

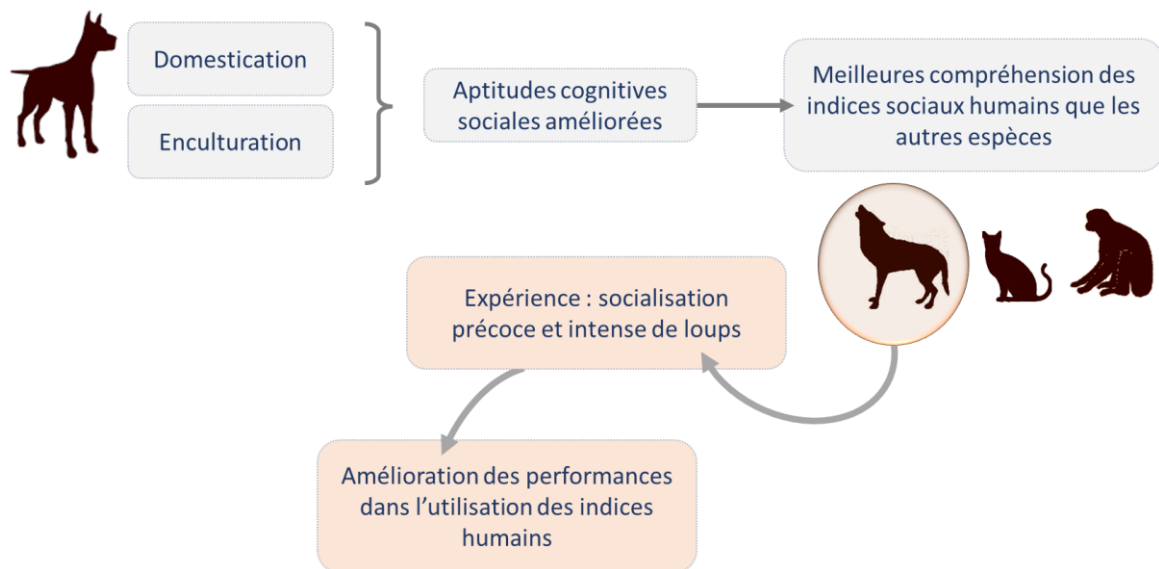
Les aptitudes cognitives sociales canines sont dues au processus de domestication et à l'exposition à l'Homme. Ces compétences distinguent le chien du reste du règne animal, puisque c'est l'espèce la plus performante dans la compréhension des signaux sociaux humains (Kaminski & Nitzschner, 2013).

Dans de nombreux contextes, le chien est capable de se fier aux indices faciaux de l'Homme pour évaluer son niveau attentionnel, et sa performance à reconnaître l'attention humaine est plus élevée que celle du chimpanzé, placé dans des circonstances similaires (Gácsi *et al.*, 2004). En ce qui concerne la copie d'action, le chien est capable de reproduire certaines actions humaines, mais les primates non humains sont meilleurs pour imiter les gestes de l'Homme, puisque leurs schémas corporels sont proches. Par exemple, pour manipuler un objet, les primates non humains utilisent leurs mains, à l'instar de l'Homme, alors que le chien a tendance à utiliser sa gueule (Huber *et al.*, 2009).

Par rapport aux autres espèces, le chien fait preuve d'une meilleure compréhension des gestes de communication humains (Bräuer *et al.*, 2006 ; Hare *et al.*, 2014 ; McKinley & Sambrook, 2000 ; Topál *et al.*, 2009). En effet, l'aptitude à trouver une récompense à l'aide d'un signal de communication émis par l'Homme, en la désignant du doigt, par exemple, a été testée chez de nombreuses espèces. La performance du chien pour trouver la récompense dépasse celles du chimpanzé commun (*Pan troglodytes*), du gorille (*Troglodytes gorilla*), du loup gris (*Canis lupus lupus*), du chat domestique (*Felis silvestris catus*) et du grand dauphin (*Tursiops truncatus*) (Bräuer *et al.*, 2006 ; Miklósi & Soproni, 2006). Le loup est un proche parent du chien mais, contrairement à ce dernier, il n'établit pas de contact visuel avec l'Homme et ne suit pas spontanément son geste de pointage (Hare, 2002 ; Miklósi *et al.*, 2003). Dès l'âge de quatre mois, les chiots sont capables de trouver de la nourriture cachée grâce au geste de pointage de l'Homme, même s'ils ont été élevés avec des contacts humains limités (Hare, 2002). Des louveteaux et des chiots ont été élevés dans des conditions sociales identiques, en contact étroit avec l'homme, pendant les quatre premiers mois de leur vie (Miklósi *et al.* 2003 ; Virányi *et al.*, 2008). Les loups élevés ainsi sont plus sensibles aux signaux humains que les loups sauvages, mais

leurs performances pour suivre le pointage du doigt de l'Homme restent inférieures à celles des chiens. Seul un entraînement intensif (cf Figure 7), associé à cette socialisation précoce, engendre une amélioration de leurs performances pour suivre la direction indiquée par l'Homme (Miklósi *et al.*, 2003 ; Virányi *et al.*, 2008). Contrairement aux chiens, les loups n'arrivent pas à comprendre des gestes plus complexes, comme le fait de diriger le regard vers la cible (Virányi *et al.*, 2008).

La comparaison entre le chien et le loup révèle que, même une socialisation poussée avec l'Homme, ne permet pas de surmonter les différences naturelles entre ces deux espèces, pourtant proches phylogénétiquement (Miklósi & Soproni, 2006). Cela soutient l'idée que les compétences cognitives du chien dans la compréhension des signaux de communication de l'Homme sont la conséquence de leur cohabitation de longue durée (Topál *et al.*, 2009).



**Figure 7 – Aptitudes cognitives canines spécifiques en lien avec la relation unique entre l'Homme et le chien.** En conséquence de la domestication et de l'enculturation au contact de l'Homme, le chien domestique présente une capacité à utiliser les signaux sociaux humains supérieure à celle des autres espèces, dont le loup qui est son plus proche parent. Seule une socialisation très intense et précoce de loups leur ont permis d'améliorer leurs performances dans l'utilisation des informations fournies par l'Homme.

### III. Preuves expérimentales de la synchronisation comportementale chez le chien

#### 1. Synchronisation comportementale à l'échelle intraspécifique

Les chiens se comportent de manière synchrone en maintenant entre eux un contact proche, en échangeant des regards et en vocalisant, ces comportements sont décrits comme la base de la vie sociale des chiens (Scott & Fuller, 1965 ; Scott & McCray, 1967 ; Silva *et al.*, 2012). Par exemple, lorsque des chiens poursuivent et atteignent une proie, ils l'encerclent fréquemment, ce qui constitue un comportement indiquant que les chiens synchronisent leurs mouvements lors d'activités de groupe (Bonanni & Cafazzo, 2014). De plus, les chiens prennent en compte les comportements de leurs congénères pour ajuster leurs propres comportements (cf Figure 8). Par exemple, lors de conflits entre meutes, les chiens observent leurs partenaires, ce qui peut être interprété comme un moyen de recrutement pour le combat ou de vérification de leurs mouvements pour réaliser une action collective coordonnée (Bonanni & Cafazzo, 2014). Ainsi, la synchronisation comportementale des chiens leur permet de réagir ensemble dans de nombreuses situations.



**Figure 8 – Synchronisation comportementale intraspécifique.** Les chiens ajustent leur comportement sur ceux de leur conspécifiques lors d'activités de groupe, ici les chiens établissent des contacts visuels et synchronisent leur rythme de marche sur ceux de leurs congénères. Source de la photographie : <https://www.pexels.com>



## 2. Synchronisation comportementale du chien sur l'Homme

L'Homme et le chien partagent le même environnement de vie et interagissent quotidiennement. Ces deux espèces ont développé une relation unique et établissent des liens affectifs forts (Duranton *et al.*, 2018a ; Horowitz, 2009). Les interactions sociales entre le chien et l'Homme se produisent dans de nombreux contextes et permettent de construire une relation stable entre les deux espèces. La synchronisation comportementale pourrait être l'un des mécanismes qui sous-tend le développement de cette relation (Kerepesi *et al.*, 2005). Le chien est attentif aux actions humaines et copie certains comportements produits par l'Homme (Madsen & Persson, 2013 ; Massen & Gallup, 2017). Lors d'activité conjointe, le chien observe ce que fait l'Homme et ajuste ses mouvements aux siens (Pirrone *et al.*, 2017). Le chien s'engage dans les trois composantes de la synchronisation comportementale, à savoir la synchronisation de localisation, d'activité et temporelle (cf Partie 1 – Paragraphe I.1.) avec les membres du foyer dans lequel il vit, qu'ils soient adultes ou enfants (Wanser *et al.*, 2021). Aussi, les interactions entre l'Homme et le chien constituent un modèle biologique intéressant pour étudier la synchronisation comportementale à l'échelle interspécifique et ses bénéfices.

Par exemple, des chiens, préalablement entraînés à ouvrir une porte coulissante en utilisant leur tête ou leur membre antérieur, ont observé leur propriétaire ouvrir la porte, soit avec sa main, soit avec sa tête (Range *et al.*, 2011). Les chiens ont été divisés en deux groupes : ceux du premier groupe ont reçu une friandise lorsqu'ils copiaient l'action du propriétaire (utiliser le membre antérieur quand la personne se servait de sa main, *idem* pour la tête), ceux du second groupe ont reçu une friandise lorsqu'ils faisaient l'action contraire (utiliser le membre antérieur quand la personne se servait de sa tête, ou inversement). Malgré l'attrait de la récompense, les chiens ont préféré copier l'action de leur propriétaire, ce qui signifie que les chiens ont tendance à imiter automatiquement les actions de l'Homme, même si cela leur coûte l'accès à une récompense (Range *et al.*, 2011).

### 3. Etude de la synchronisation locomotrice à l'échelle interspécifique

Le chien et l'Homme utilisent leurs membres pour se déplacer, et leurs mouvements lors des déplacements sont facilement observables et analysables. De nombreuses situations quotidiennes impliquent des mouvements locomoteurs, par exemple, lors de balades ou de sessions de jeu. De ce fait, la synchronisation comportementale interspécifique peut facilement être étudiée lors d'une activité locomotrice (Duranton & Gaunet, 2018).

Chez l'Homme, l'étude de la synchronisation comportementale lors d'une activité de marche a permis de mettre en évidence un ajustement locomoteur spontané entre des partenaires en interaction. Même en l'absence de communication visuelle ou auditive, lorsqu'ils marchent l'un à côté de l'autre, les individus synchronisent fréquemment leur rythme de marche et leurs mouvements locomoteurs (Zivotofsky & Hausdorff, 2007). Le fait de se déplacer de manière synchronisée facilite les interactions sociales entre les individus (Miles *et al.*, 2009).

Peu d'études se sont intéressées à la synchronisation interspécifique en termes d'activité, d'espace et de temps. Dans la plupart des expériences réalisées, les chiens étaient tenus en laisse, ce qui peut être à l'origine d'un éventuel biais, puisque les chiens étaient alors restreints dans leurs mouvements (Duranton *et al.*, 2017b). Des observations de dyades propriétaire-chien sans laisse ont montré que le chien synchronise automatiquement et spontanément son comportement locomoteur sur celui de l'Homme, et est capable d'anticiper les actions motrices de ce dernier, que ce soit dans un espace ouvert ou clos, familier ou non (Duranton *et al.*, 2017b ; Kubinyi *et al.*, 2009).

Dans une étude, les chercheurs ont analysé la synchronisation locomotrice lors d'une balade libre, sans laisse, dans une pièce fermée non familière (Duranton *et al.*, 2017a). Plusieurs conditions expérimentales se sont succédées et l'ordre des conditions était aléatoire entre les chiens. Dans la condition d'immobilité, le propriétaire restait immobile 30 secondes ; dans la condition de mouvement, le propriétaire se déplaçait le long d'une ligne tracée au sol. Les propriétaires ne communiquaient ni verbalement, ni visuellement avec leur chien, qui était totalement libre de ses mouvements. Différentes variables associées aux trois composantes de la synchronisation comportementale ont été analysées : le temps passé aux différents

endroits de la pièce (synchronisation de localisation), le temps total en activité locomotrice (synchronisation d'activité), et la latence avant que le chien change d'activité (synchronisation temporelle). Cette étude a permis de montrer que lorsque le chien se déplace librement dans un espace inconnu, il synchronise son comportement sur son propriétaire, puisqu'il va au même endroit et reste à proximité de ce dernier, il marche quand le propriétaire marche, s'arrête quand il s'arrête, et change d'activité locomotrice très rapidement lorsque le propriétaire change son rythme de marche (cf Tableau 1).

Dans une autre étude menée par la même équipe, les chercheurs ont testé la synchronisation comportementale du chien sur l'Homme dans un espace extérieur familial (Duranton *et al.*, 2018a). Trois conditions expérimentales concernant le rythme locomoteur du propriétaire se sont succédées : arrêt (le propriétaire était debout et immobile pendant 10 secondes), marche lente (le propriétaire marchait lentement en ligne droite pendant 10 secondes) et marche rapide (le propriétaire marchait rapidement en ligne droite pendant 10 secondes). L'ordre des conditions était aléatoire entre les chiens qui étaient libres de leurs mouvements durant la totalité du test. Les variables étudiées étaient le temps passé à proximité du propriétaire (synchronisation de localisation) et le temps passé au même rythme de marche que le propriétaire (synchronisation d'activité). D'après cette expérience, le chien a adopté la même activité locomotrice que l'Homme, a changé de rythme de marche en même temps que lui, et est resté à proximité de lui et, ceci, malgré la présence de distracteurs naturels, tels que des odeurs, par exemple (cf Tableau 1) (Duranton *et al.*, 2018a).

**Tableau 1 – Résultats des études menées sur la synchronisation locomotrice du chien sur l’Homme.** Les trois composantes de la synchronisation comportementale ont été analysées et les principaux résultats sont présentés.

	En intérieur, espace non familial (Duranton <i>et al.</i> 2017a)	En extérieur, espace familial (Duranton <i>et al.</i> 2018a)
Synchronisation de localisation	Le chien passe 79,47% du temps à moins d’un mètre du propriétaire.	Le chien passe 72,90% du temps à moins d’un mètre du propriétaire.
Synchronisation d’activité	Propriétaire à l’arrêt : le chien est à l’arrêt durant 77,3 % du temps de test.  Propriétaire en mouvement : le chien est en activité locomotrice 68,7% du temps de test.	Propriétaire à l’arrêt : le chien est à l’arrêt durant 81,8% du temps de test.  Propriétaire en marche lente : le chien marche durant 66,4% du temps de test.  Propriétaire en marche rapide : le chien trotte durant 58,7% du temps de test.
Synchronisation temporelle	Les chiens changeaient leur activité locomotrice 3,40 secondes après le changement de rythme de marche de leur propriétaire	Non testé

La synchronisation comportementale entre le chien et l'Homme semble liée à la relation entre les partenaires de l'interaction. Pour mieux comprendre le lien entre synchronisation comportementale et affiliation, Duranton et ses collègues ont étudié l'effet de la synchronisation humaine sur les préférences sociales du chien (Duranton *et al.*, 2019). Pour cela, les chiens testés ont été mis en présence successivement de deux personnes non familières : l'une synchronisait ses comportements avec ceux du chien (la personne allait au même endroit que le chien, elle regardait dans la même direction que ce dernier, et coordonnait ses mouvements sur ceux du chien), et l'autre se déplaçait selon un parcours prédéfini, sans ajuster ses comportements à ceux du chien. Ensuite, les deux personnes se sont placées face au chien, et systématiquement ce dernier s'est dirigé vers la personne qui avait ajusté son comportement au sien. Le chien a donc une préférence sociale pour les personnes qui se synchronisent à lui.

Finalement, le chien, de par la domestication, a développé des capacités cognitives lui permettant de comprendre les indices sociaux humains. Le chien et l'Homme partagent le même milieu de vie et la relation entre ces deux espèces sociales est unique dans le règne animal. Le chien comprend les signaux de communication produits par l'Homme et, dans divers contextes, utilise la réaction de son propriétaire pour ajuster son propre comportement. Le chien est donc capable de se synchroniser sur l'Homme. Lors de balades notamment, le chien synchronise son comportement locomoteur sur celui de son propriétaire. Cette synchronisation est corrélée au degré d'affiliation entre les partenaires de la dyade : les chiens de refuge se synchronisent moins sur leur soigneur que les chiens de compagnie sur leur propriétaire. La synchronisation comportementale a un intérêt adaptatif, elle permet au chien de s'adapter à l'environnement humain et renforce les liens sociaux entre les deux espèces. Néanmoins, les connaissances sur cette aptitude cognitive nécessitent d'être approfondies pour améliorer la compréhension des relations entre l'Homme et le chien. Ainsi, nous avons réalisé une étude expérimentale portant sur un autre aspect de la synchronisation comportementale interspécifique : l'effet de la présence d'un groupe sur la synchronisation locomotrice du chien sur l'Homme.

## PARTIE 2 – ETUDE EXPERIMENTALE

---

### I. Objectifs de l'étude

Les recherches sur la synchronisation comportementale chez l'Homme ont révélé que les individus ajustent spontanément leur comportement sur celui des personnes avec lesquelles ils interagissent (Cracco *et al.*, 2019). De plus, la synchronisation comportementale dépend de la taille du groupe chez l'Homme : plus le nombre de personnes augmente, plus forte est la synchronisation (Cracco & Brass 2018).

Le système des neurones miroirs, situé dans le cortex préfrontal, est l'un des substrats neurologiques à l'origine des processus de synchronisation (cf Partie 1 - Paragraphe I. 6.). Lorsqu'un individu observe deux personnes effectuant la même action, sa réponse miroir est plus forte que celle obtenue lorsqu'il observe une seule personne effectuer l'action. Ainsi, l'activation des neurones miroirs est influencée par le nombre de personnes observées : plus le nombre d'individus réalisant la même action augmente, plus forte est l'activation du système moteur (Cracco *et al.* 2016). Les grands groupes ont donc une meilleure synchronisation, car l'activation des neurones miroirs est plus forte.

Comme chez l'Homme, la synchronisation comportementale chez les espèces sociales est un mécanisme très efficace pour coordonner et synchroniser les activités de groupe (cf Partie 1 - Paragraphe I. 3.). Nous avons vu que les chiens se comportent de manière synchrone entre congénères en maintenant un contact étroit les uns avec les autres (cf Partie 1 – Paragraphe III. 1.). De ce fait, l'Homme et le chien sont deux espèces qui présentent une synchronisation comportementale intraspécifique à l'échelle de la dyade et du groupe, et cette synchronisation dépend de la relation entre les individus : plus les membres du groupe sont affiliés, plus la synchronisation est forte. A l'échelle interspécifique, la synchronisation comportementale a été démontrée entre le chien et son propriétaire, mais n'a pas été étudiée à l'échelle du groupe (cf Partie 1 – Paragraphes III. 2. et III. 3.).

Nous avons souhaité approfondir les connaissances sur la synchronisation comportementale interspécifique, en étudiant un nouvel aspect de cette aptitude sociale. Dans cette perspective, nous avons réalisé une expérience dans le but d'étudier l'effet de la présence d'un groupe de personnes sur la synchronisation comportementale du chien, en comparant la synchronisation des chiens sur leur propriétaire à celle des chiens sur leur propriétaire entouré de deux personnes familières.

En précisant les propriétés de la synchronisation comportementale, et par conséquent de la résonance motrice, nous pouvons mieux comprendre et harmoniser les interactions entre l'Homme et le chien dans de nombreuses situations de la vie quotidienne : lors de balades en groupe ou de consultations dans les structures vétérinaires notamment (cf Figure 9).



**Figure 9 – Exemple de situations quotidiennes dans lesquelles le chien se retrouve entouré d'humains.** Le chien est souvent au contact de plusieurs personnes, familières ou non : par exemple dans la salle de consultation chez le vétérinaire (à gauche), lors d'activités humaines en groupe (au centre) ou encore lors de balades (à droite). La compréhension des mécanismes qui sous-tendent la synchronisation comportementale peut aider à mieux appréhender ces situations, et améliorer les relations entre l'Homme et le chien ainsi que le bien-être du chien. Source des photographies : <https://www.pexels.com>

## II. Matériel et méthodes

### 1. Note éthique

Cette étude a impliqué l'enregistrement d'images vidéo et de données de position, elle a été réalisée en accord avec la Déclaration d'Helsinki et sa dernière révision, datant de 2013. Tous les participants ont signé un formulaire de consentement éclairé (cf Annexe 1). Aucune contrainte physique n'a été exercée sur les chiens. A l'issue de l'expérience, tous les chiens sont rentrés chez eux avec leurs propriétaires.

### 2. Population étudiée

#### a. Races incluses dans l'étude

Les aptitudes cognitives sociales canines favorisant les interactions avec l'Homme sont apparues au cours de la domestication (cf Partie 1 – Paragraphe II. 5.) Ainsi, le chien est capable de comprendre les signaux de communication émis par l'Homme, mais une sélection supplémentaire sur les capacités sociales de certaines races a engendré des différences marquées au sein de l'espèce canine (Gácsi *et al.*, 2009; Wobber *et al.*, 2009). Les races de chiens dites « de travail » ont été sélectionnées intentionnellement pour répondre aux signaux de communication coopérative produits par l'Homme, et sont plus habiles à utiliser les informations sociales humaines que les autres races (Wobber *et al.*, 2009). Ces races ont notamment été sélectionnées pour leur aptitude à établir un contact visuel intense avec leur propriétaire, et présentent de meilleures performances dans l'utilisation du geste de pointage de l'Homme par rapport aux autres races (Gácsi *et al.*, 2009).

Les chiens de berger et les molossoïdes (cf Tableau 2) regroupent des races de travail qui ont été sélectionnées pour être attentives aux gestes et aux indices de communication de l'Homme. Les chiens de berger ont initialement été sélectionnés pour rassembler les troupeaux et surveiller les actions de leur propriétaire lors d'activités communes. Les molossoïdes ont été sélectionnés, à l'origine, pour protéger leur propriétaire dans les situations inédites (Duranton & Gaunet, 2018).



Les travaux antérieurs portant sur la synchronisation locomotrice du chien sur l'Homme ont été réalisés avec des chiens de berger et des molossoïdes (cf Partie 1 – Paragraphes III. 3.). Sur la base des aptitudes cognitives caractérisant ces deux types de race, et dans la continuité des études précédentes, nous avons choisi d'inclure les mêmes types de races dans notre protocole expérimental. Nous avons inclus un total de 60 chiens dans l'étude, soit 30 molossoïdes et 30 chiens de berger. Les chiens issus de croisement de races de la même section ont été acceptés : par exemple, un chien croisé berger allemand et berger australien était accepté dans le groupe des chiens de berger, et de la même façon, un chien croisé boxer et dogue argentin était accepté dans le groupe des molossoïdes. Les chiens catégorisés (catégorie 1 : chien de type rottweiler, de type tosa, et de type mastiff ; catégorie 2 : chien de race rottweiler et tosa) n'ont pas été acceptés dans l'étude (cf Tableau 2). En effet, l'expérience s'est déroulée dans un environnement extérieur non clôturé, sans laisse et sans muselière, et l'accès aux lieux publics est interdit pour les chiens de catégorie 1 et autorisé pour les chiens de catégorie 2, seulement si le chien est muselé et tenu en laisse par une personne majeure (Ministère de l'agriculture et de l'alimentation, 2019).

#### b. Critères et modes de recrutement

Les participants humains étaient tous majeurs, les chiens recrutés étaient âgés de 1 à 9 ans. Les chiens étaient en bonne santé et ne présentaient pas de signes liés à une maladie ou à un trouble comportemental. Les chiens étaient tous à l'aise en étant sans laisse et en portant un harnais.

Sur la base du volontariat, les participants ont été recrutés par l'intermédiaire de l'École Nationale Vétérinaire de Toulouse, des clubs canins et des médias sociaux en ligne. Des affiches ont également été disposées aux alentours du lieu du test (cf Annexe 2).

**Tableau 2 - Nomenclature des races de la section 1 du groupe 1 et de la section 2 du groupe 2 selon la classification de la Fédération Cynologique Internationale (FCI). Pour cette étude, nous avons recruté 30 chiens de berger et 30 molossoïdes. Les chiens de catégorie (en rouge dans le tableau) n'étaient pas acceptés pour l'étude. Tableau réalisé d'après le site internet de la FCI <http://www.fci.be/fr/nomenclature/>**

<b>Groupe 1 : Chiens de Berger et de Bouvier (sauf chiens de Bouvier Suisses)</b>	
<b>Section 1 : Chiens de berger</b>	
Berger Allemand Kelpie Australien Berger Belge Schipperke Berger Croate Berger Catalan Berger de Majorque Berger Australien Beauceron – Bas Rouge Berger de Brie Berger de Picardie Berger des Pyrenees Bearded Collie Border Collie Chien de Berger Anglais Ancestral Berger des Shetland Collie Smooth Welsh Corgi	Komondor Kuvasz Mudi Puli Pumi Berger Bergamasque Berger de la Maremma et des Abruzzes Berger Hollandais Chien-Loup de Saarloos Schapendoes Néerlandais Berger Polonais de Plaine Berger des Tatras Berger de la Serra de Aires Berger Roumain de Mioritza Berger Roumain des Carpates Berger de Russie Méridionale Chien Loup Tchécoslovaque Tchouvatch Slovaque Berger Blanc Suisse
<b>Groupe 2 : Chiens de type Pinscher et Schnauzer – Molossoïdes et Chiens de Montagne et de Bouvier Suisses - Section 2 : Molossoïdes</b>	
Type Dogue Boxer Dogue Allemand <b>Rottweiler</b> Dogue Argentin Fila Brasileiro Shar Pei Broholmer Dogue de Majorque Presa Canario Dogue de Bordeaux Bulldog Bullmastiff <b>Mastiff</b> Cane Corso Italiano Matin Napolitain <b>Tosa</b> Fila de Saint Miguel Cimarron Uruguayen	Type Montagne Chien de Léonberg Hovawart Landseer – type continental-européen Berger de Bosnie-Herzégovine et de Croatie Chien de Terre-Neuve Matin des Pyrenees Matin Espagnol Chien de Montagne des Pyrénées Chien de Berger Yougoslave de Charplanina Chien de Montagne de l'Atlas Chien de Castro Laboreiro Chien de la Serra da Estrela Rafeiro de l'Alentejo chien de Berger Roumain de Bucovine Berger d'Asie Centrale Berger du Caucase Berger du Karst Saint-Bernard Dogue du Tibet Chien de Berger Kangal

### 3. Procédure expérimentale

#### a. Lieu du test

Les expériences se sont déroulées dans un espace public non clôturé (cf Figure 10), dans la rue de l'Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse (chemin des Capelles – 31300 Toulouse). Il s'agissait d'un lieu éloigné de la route, afin d'éviter tout danger pour les chiens, qui pouvaient se déplacer librement durant toute la durée de la participation. Cet environnement naturel permettait de créer un scénario écologique pour l'étude des trois composantes de la synchronisation comportementale (cf Partie 1 – Paragraphe 1.1).



**Figure 10 – Lieu de réalisation de l'expérience.** Les chiens ont été observés individuellement dans cet espace public. Photographie personnelle.

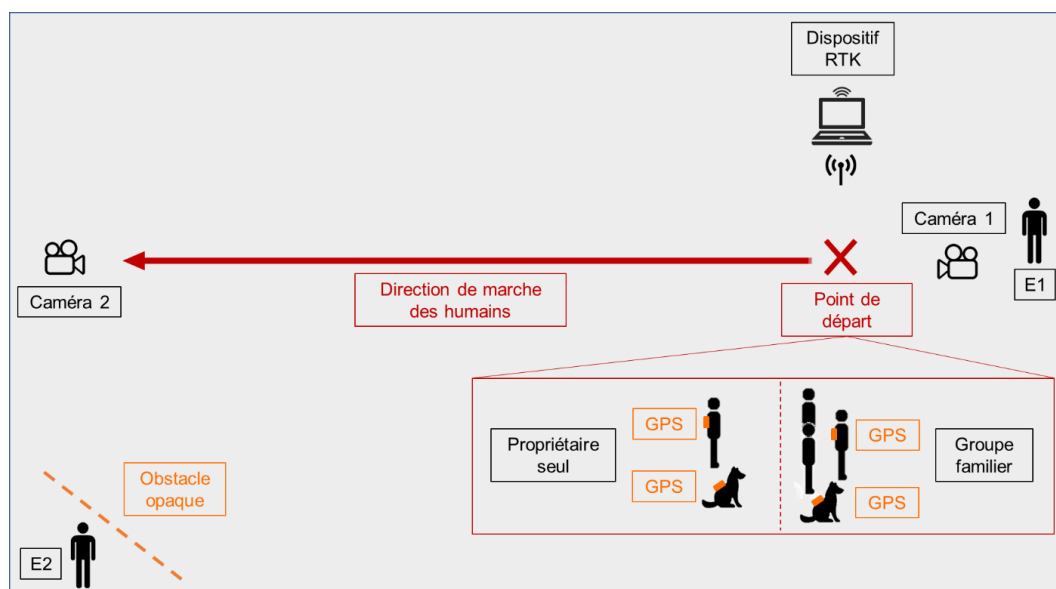
#### b. Déroulement du test

Deux expérimentateurs étaient présents pendant la collecte de données (E1 et E2, cf Figure 11). Les chiens ont été observés individuellement et chaque chien a été testé une seule fois. Lors d'une séance, aucun autre chien n'était présent sur le lieu de l'expérience. Le chien et son propriétaire étaient chacun équipé d'un dispositif GPS (Global Positioning System), ces appareils permettaient d'obtenir quatre données de position par seconde. Deux caméras ont été utilisées pour enregistrer les comportements des chiens pendant les tests. La caméra 1, manipulée par E1, était montée sur un trépied et placée à 5 mètres derrière le point de départ des participants. La caméra 2, manipulée par E2, était montée sur un trépied et placée à 50 mètres devant le point de départ du test. E2 démarrait l'enregistrement vidéo avant le début

de l'essai puis allait se cacher derrière un obstacle, de manière à ne pas être une source de distraction pour le chien, lors du test.

Nous avons comparé deux situations concernant le nombre de personnes : 30 chiens (15 chiens de berger et 15 molossoïdes) ont été testés avec le propriétaire seul, 30 autres chiens (15 chiens de berger et 15 molossoïdes) ont fait le test avec le propriétaire entouré de deux personnes connaissant bien le chien. La répartition entre les conditions « propriétaire seul » et « groupe familial » était aléatoire (cf Annexe 3). Pour les chiens testés avec le groupe, les deux personnes familières ne portaient pas de GPS (cf Figures 11 et 12).

La participation durait environ 30 minutes. Premièrement, le propriétaire équipait le chien d'un harnais sur lequel était fixé le boîtier GPS, puis il installait un dispositif similaire sur son dos (cf Figures 13 et 15). E1 expliquait la procédure expérimentale aux participants pendant que le chien explorait librement la zone de test. Pour étudier la synchronisation locomotrice, trois rythmes de marche ont été comparés : condition statique, marche lente et marche rapide. Durant le test, les participants (propriétaire seul ou groupe familial) ont enchaîné sans pause les trois rythmes de marche, et l'ordre de ces trois conditions a été attribué aléatoirement (cf Annexe 3).



**Figure 11 – Schématisation de la procédure expérimentale.** Deux expérimentateurs (E1 et E2) étaient présents lors du test. Deux caméras permettaient l'enregistrement vidéo de l'essai, et le propriétaire et son chien portaient chacun un GPS, afin d'obtenir les données de position. Pour la moitié des chiens, le propriétaire était seul, pour l'autre moitié, le propriétaire était entouré de deux personnes familières du chien. Un dispositif RTK (Real Time Kinematic) a été utilisé pour obtenir des données de position avec une précision centimétrique (cf Partie II – Paragraphe II. 4.).

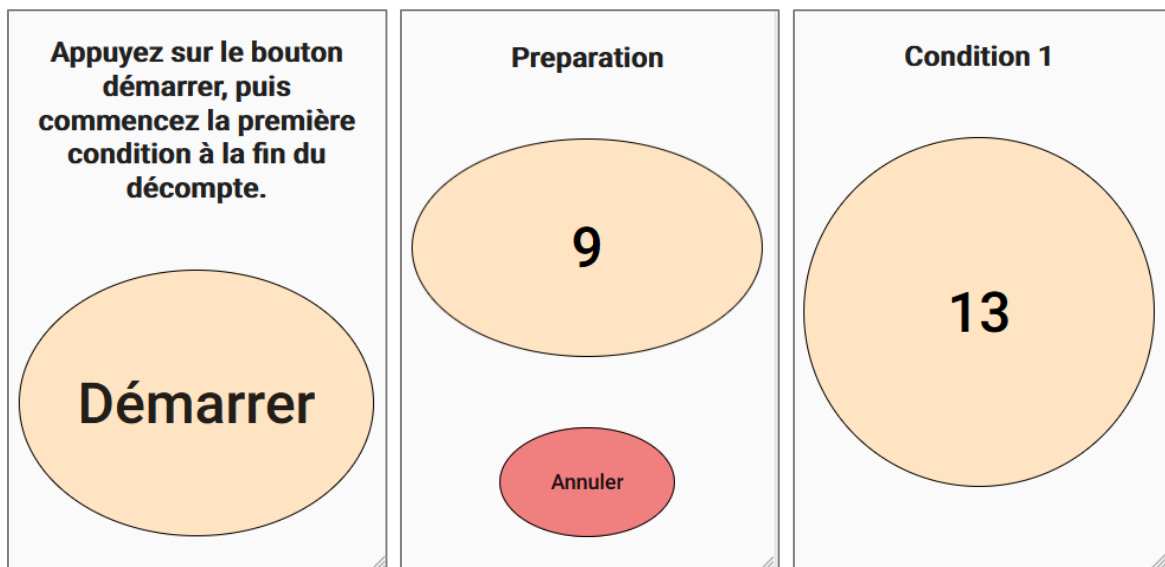
Dans la condition statique, les personnes restaient debout sans bouger pendant 15 secondes. Dans la condition de marche lente, elles marchaient lentement en ligne droite pendant 15 secondes. Dans la condition de marche rapide, elles marchaient rapidement en ligne droite pendant 15 secondes. Durant la totalité du test (45 secondes), le chien était libre de se déplacer et ne recevait aucune instruction.

L'application web disponible à l'adresse web suivante : <https://intense-coast-72496.herokuapp.com/> a été créée spécifiquement pour cette expérience et a été utilisée comme chronomètre (cf Figure 13). Les changements de rythme de marche étaient notifiés aux participants par un signal sonore produit par cette application. Ils portaient des écouteurs pour que les signaux sonores ne puissent pas constituer une source de distraction pour le chien pendant le test. Pour les groupes, les trois personnes portaient leurs écouteurs et lançaient l'application simultanément, afin d'entendre les signaux sonores en même temps. Lorsque l'application était lancée, un décompte de 10 secondes commençait, il s'agissait de la phase de préparation. Durant cette phase, les participants se tenaient debout, le corps orienté dans la direction opposée à celle de la zone de test, le chien était positionné à côté de son propriétaire (cf Figure 12). A la fin de la phase de préparation, le premier signal sonore était émis et le test débutait : les participants devaient se retourner à 180° pour faire face à la zone de test et ils commençaient le premier rythme de marche. A partir de cet instant, ils avaient pour consigne de ne pas interagir avec le chien, ni de communiquer de manière verbale ou visuelle avec lui.

Chaque rythme de marche durait 15 secondes. Ainsi, dans l'application, après la phase de préparation, un signal sonore était émis toutes les 15 secondes, indiquant le changement de rythme de marche, et un dernier signal indiquait la fin de l'essai (cf Figure 13). Les participants n'ont pas reçu d'instructions sur la façon de marcher lentement ou rapidement, aucun tempo n'était imposé, ils devaient simplement être plus rapides, dans la condition de marche rapide et être plus lents, dans la condition de marche lente. Dans le cas du groupe familial, les deux personnes familières devaient se tenir à 2 mètres devant le propriétaire (cf Figure 12), et maintenir cette distance pendant tout le test.



**Figure 12 – Position des participants au départ du test.** A gauche : propriétaire seul. A droite : groupe familial, le propriétaire est en retrait, les personnes familières sont alignées deux mètres devant lui. Le chien est à côté de son propriétaire au départ du test, les deux portent un dispositif GPS (boîtiers blancs attachés à un harnais). Photographies personnelles.



**Figure 13 – Application web permettant l'enchaînement chronométré des trois rythmes de marche.** A gauche : écran affiché lors du lancement de l'application. Au centre : lorsque les participants appuyaient sur « démarrer », un décompte de 10 secondes était lancé. A droite : à la fin de la phase de préparation, un premier signal sonore était émis, il marquait le début du test. Un décompte de 15 secondes était lancé, puis un signal sonore indiquait le changement de rythme de marche, et lançait un nouveau décompte de 15 secondes. Ensuite, un autre signal annonçait le deuxième changement de rythme de marche. Enfin, un dernier signal 15 secondes plus tard indiquait la fin du test.

#### 4. Utilisation du GPS et de la technique RTK pour le recueil des données

##### a. Les outils de mesure utilisés en éthologie

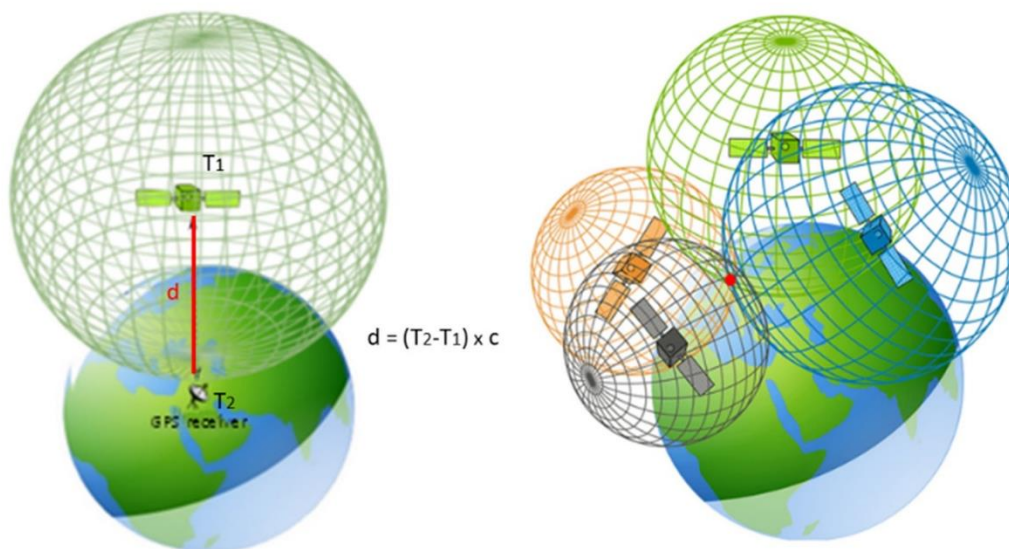
En éthologie, les méthodes de collecte de données sont très variées mais impliquent le plus souvent le recours aux enregistrements vidéo pour permettre une analyse de données par codage des comportements (Duranton & Gaunet, 2016). Pour l'étude de la synchronisation locomotrice, il est nécessaire d'obtenir les informations concernant les positions et les trajectoires des individus. L'utilisation de logiciels de suivi vidéo est ainsi très répandue mais, au cours des dernières années, de nouvelles technologies impliquant des mesures plus objectives ont été développées pour suivre à distance les positions et les mouvements des organismes. En effet, les systèmes de positionnement par satellite sont de plus en plus utilisés pour étudier les trajectoires des individus dans les milieux naturels (Tomkiewicz *et al.*, 2010), le GPS étant le plus connu. Ce système a été créé en 1973 par le Département de la Défense des Etats-Unis et est devenu pleinement opérationnel en 1995 (Tomkiewicz *et al.*, 2010). Depuis sa mise à disposition pour les services civils dans les années 2000, cette technologie a évolué rapidement et de nombreuses applications ont été développées, notamment le suivi des positions des animaux et des personnes.

##### b. Principe du positionnement par satellite

Le système de positionnement par satellite donne la position et la vitesse d'un sujet à tout moment, en tout lieu, à partir de trois segments : le segment spatial (une constellation de 24 satellites en orbite à environ 20 000 km de la Terre), le segment de contrôle (les stations au sol qui connaissent la position exacte des satellites à tout moment), et le segment utilisateur (le récepteur GPS porté par le sujet) (Lahaye & Ladet, 2014).

La position du récepteur à un instant donné est définie par trois coordonnées (x,y,z), ces trois inconnues sont calculées par trilatération (cf Figure 14). Plus précisément, le récepteur GPS détermine la durée de transmission du signal, qui correspond à la différence entre la date d'émission par le satellite et la date de réception par le récepteur. La distance entre le récepteur GPS et le satellite est calculée en multipliant cette durée par la vitesse de propagation du signal (Klein & al.,

2006). Le satellite est donc situé au centre d'une sphère (cf Figure 14). Ce calcul est répété pour deux autres satellites, il y a donc trois sphères au total, et le récepteur GPS est situé au point d'intersection de ces 3 sphères et de la surface de la Terre (Skippins, 2017). Les satellites ont une horloge extrêmement précise, mais l'horloge du récepteur GPS a une incertitude (Klein *et al.*, 2006). Si la différence entre l'horloge du récepteur et celle des satellites n'était pas prise en compte dans les calculs, l'erreur de positionnement serait considérable. Ce décalage temporel constitue donc une quatrième inconnue, qui doit être incluse dans les équations. Ainsi, un quatrième satellite est nécessaire pour déterminer ce décalage. Par conséquent, un récepteur GPS doit capter les signaux d'au moins quatre satellites pour obtenir sa position précise. Plus le nombre de satellites augmente, plus la précision de la position du GPS est élevée (Lahaye & Ladet, 2014).

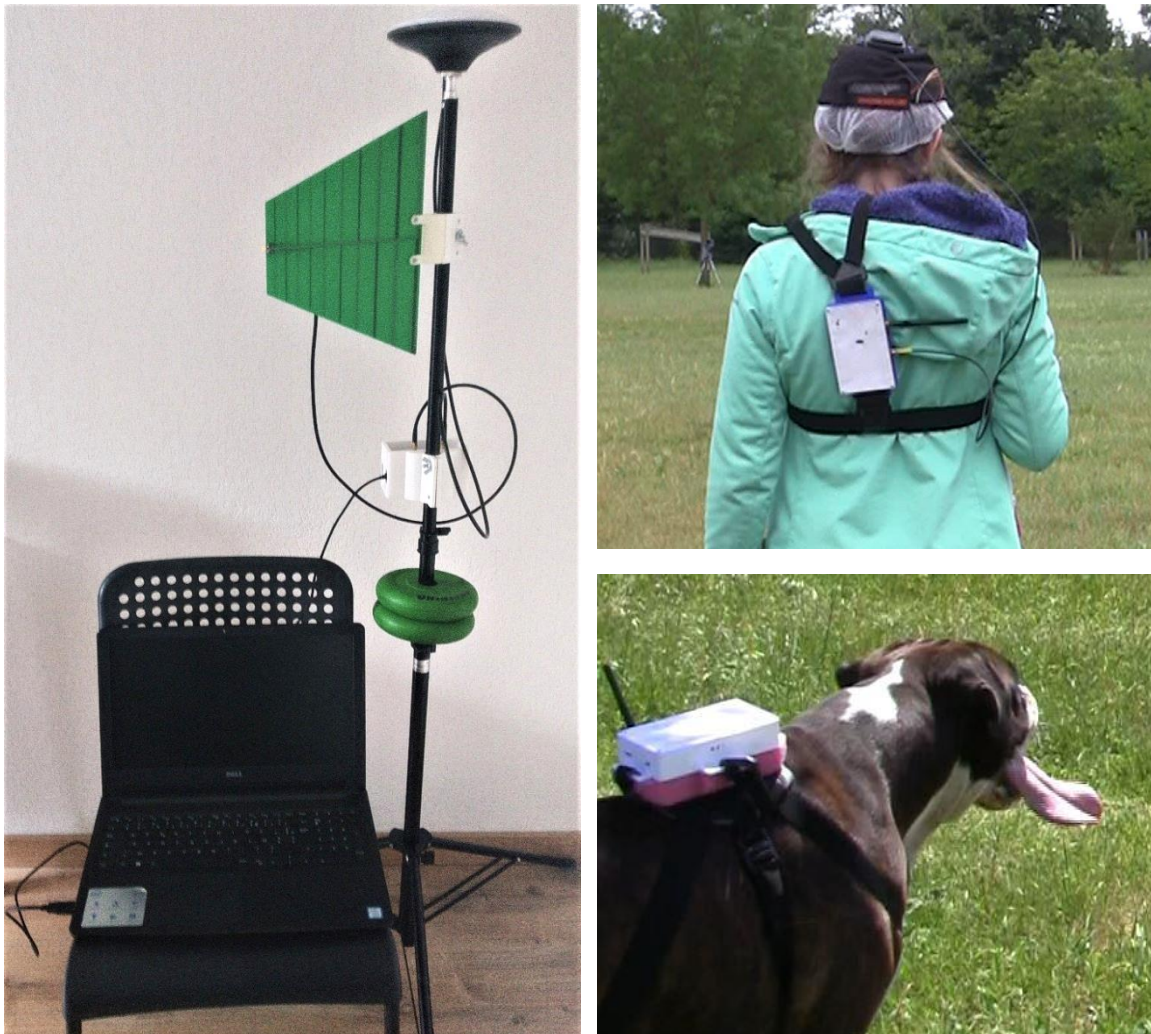


**Figure 14 – Calcul de la position d'un récepteur par trilatération.** A gauche : le récepteur GPS est à la surface de la Terre. En physique, la distance correspond au produit de la vitesse par le temps. Ainsi, la distance ( $d$  sur le schéma) entre un satellite ( $T1$ ) et le récepteur ( $T2$ ) correspond à la durée de transmission du signal de  $T1$  à  $T2$  multipliée par la vitesse de transmission de ce signal. Le récepteur GPS est donc situé à l'une des intersections de la Terre et de la sphère de centre  $T1$  et de rayon  $d$ . A droite : la position du récepteur GPS est définie par trois coordonnées, donc trois inconnues. Une quatrième inconnue correspond au décalage temporel entre l'horloge des satellites (extrêmement précise) et celle du récepteur (moins précise). En se basant sur le calcul de distance présenté sur le schéma de gauche, le satellite est situé à l'intersection de la Terre et des quatre sphères centrées autour des satellites. (D'après Skippins, 2017).



### c. Intérêt de la technique RTK

Dans notre étude, nous avons utilisé une technique de positionnement satellitaire appelé cinématique en temps réel (RTK pour Real Time Kinematic, cf Figure 15). Cette technique nécessite une station de référence dont la position exacte est connue et qui corrige en temps réel la position des stations mobiles (récepteurs GPS). Ces corrections sont prises en compte dans le calcul de la position des récepteurs (Feng & Wang, 2008). De cette façon, la position de récepteurs GPS est déterminée avec une précision centimétrique. La société e-Whiz<sup>®</sup>, basée à Auzielle (31650) a conçu et nous a généreusement mis à disposition une station de référence et deux récepteurs GPS pour la réalisation de l'étude.



**Figure 15 – Dispositif RTK utilisé pour l'expérience.** A gauche : station de référence, qui transmet en temps réel les données de corrections aux stations mobiles. A droite : boîtiers GPS (stations mobiles), portés par le propriétaire et le chien. Photographies personnelles.

L'utilisation de cette technique présente de nombreux avantages par rapport aux autres outils de mesure, classiquement utilisés. En effet, l'obtention des positions des chiens et des humains par des GPS associés à une station de référence RTK permet une collecte de données objectives et précises. De plus, ces données sont facilement analysables au niveau statistique. Nous avons réalisé des essais en amont des expériences pour apprécier la précision des outils que nous avons à disposition. Les boîtiers GPS ont été posés sur le sol pendant 5 minutes, et les données ont été enregistrées (cf Figure 16), l'erreur maximale de position a été inférieure à 5 cm. De plus, à plusieurs reprises, deux expérimentateurs ont porté chacun un boîtier GPS et ont marché en ligne droite entre les deux points délimitant la zone de test, en maintenant un écart d'environ un mètre entre eux. Les trajectoires obtenues à partir des données GPS correspondaient à celles réellement effectuées par les expérimentateurs (cf Figure 16). Le RTK-GPS est donc un système permettant la collecte de données fiables et précises.



**Figure 16 – Essais du matériel en amont de la réalisation des tests.** A gauche : Données obtenues après avoir laissé un GPS posé sur le sol pendant 5 minutes, visualisation de ces données par le logiciel u-center® (version 21.05, produit par l'entreprise u-blox, Zürich). A droite : trajectoires obtenues par les GPS portés par deux expérimentateurs marchant en ligne droite à environ un mètre de distance. Carte créée à partir de Google Maps® et du site internet <https://www.gpsvisualizer.com/>.

## 5. Variables analysées

Les caméras et les GPS ont permis la collecte de données pour traiter les trois composantes de la synchronisation comportementale. Ainsi, les positions des chiens et des propriétaires ont été extraites des données GPS brutes. Ces positions ont été traitées dans un algorithme écrit en langage Python pour obtenir les valeurs des variables liées à la synchronisation comportementale (cf Annexe 4).

### a. Variables liées à la synchronisation locomotrice

Nous avons défini et analysé plusieurs variables correspondant aux trois composantes de la synchronisation comportementale (cf Tableau 3) :

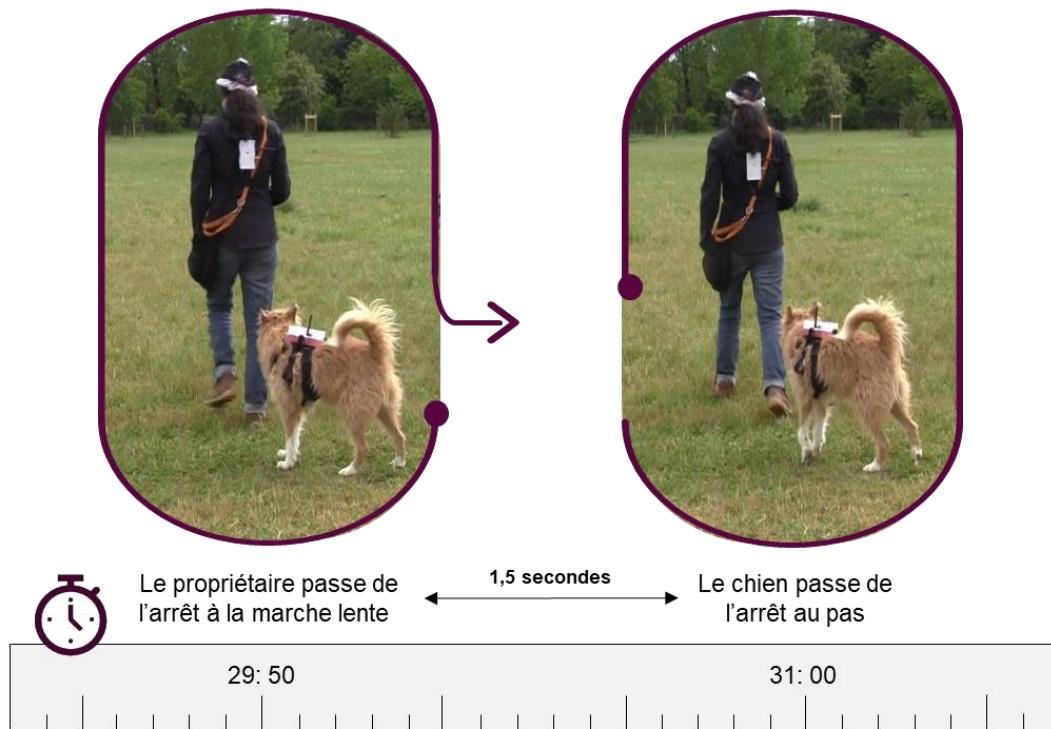
- Synchronisation de localisation :
  - Distance : à partir des positions données par les deux GPS, nous avons mesuré leur distance relative (cf Annexe 4). Ainsi, la variable distance correspond à la distance entre le chien et le propriétaire. Cette distance a été mesurée toutes les 0,25 secondes, soit 180 valeurs par chien.
  - Temps passé à proximité : nous avons comptabilisé la durée pendant laquelle la distance entre les deux GPS était inférieure à un mètre. La variable temps passé à proximité correspond au temps pendant lequel le chien est à proximité de son propriétaire, c'est-à-dire dans un rayon d'un mètre. Trois valeurs par chien ont été obtenues : une pour chaque rythme de marche.
  
- Synchronisation d'activité :
  - Vitesse du chien : à partir des données de position obtenues par les GPS, la vitesse du chien a été calculée. Cette vitesse a été mesurée toutes les 0,25 secondes, soit 180 valeurs par chien.
  - Différence de vitesses : à partir des données de position obtenues grâce aux GPS, la différence entre la vitesse du propriétaire et celle du chien a été calculée (180 valeurs par chien). Pour les groupes, nous avons considéré que la vitesse des deux personnes familières était identique à celle du propriétaire.

- Synchronisation temporelle :

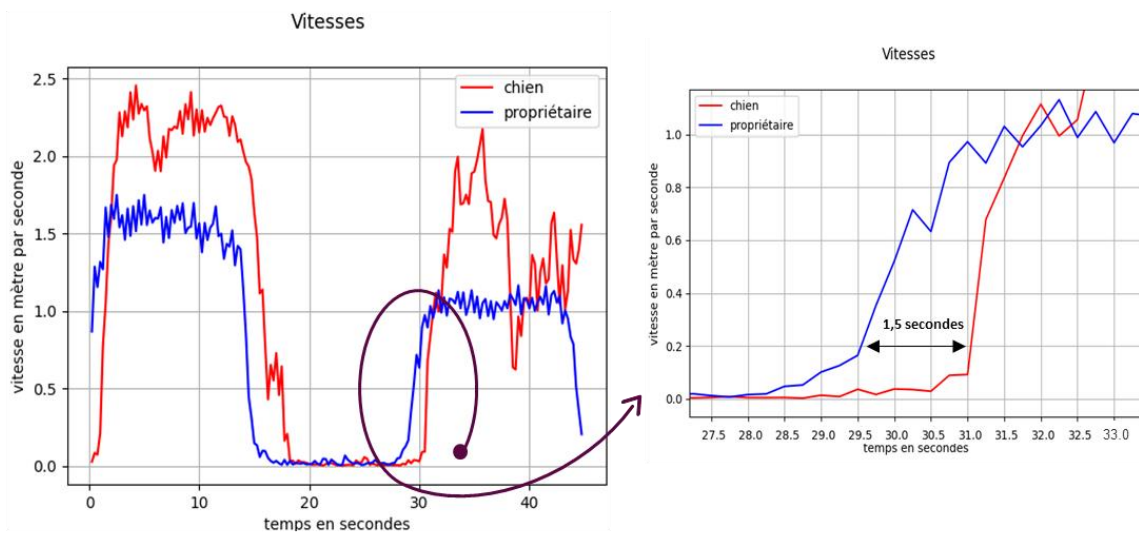
Latence : en utilisant les données GPS et les enregistrements des caméras, nous avons déterminé le temps qu'il fallait au chien pour changer sa vitesse lorsque les personnes changeaient de rythme de marche.

Pour qu'une latence soit présente, il fallait que les critères suivants soient remplis (cf Figure 17) : présence d'une pente sur le graphique des vitesses obtenu à partir des données GPS ; et changement d'allure sur les enregistrements des caméras, les allures considérées étaient le pas, le trot et le galop. Les personnes changeaient deux fois leur rythme de marche au cours du test (nous avons donc deux valeurs par chien, au maximum), et le type de changement d'activité locomotrice dépendait de l'ordre des trois conditions de marche. Ainsi, trois types de changement d'activité locomotrice ont été définis : arrêt à mise en mouvement (passage de la condition statique à la marche lente ou la marche rapide), mouvement à arrêt (passage de la marche lente ou la marche rapide à la condition statique) et variation de vitesse (passage de la marche lente à la marche rapide ou inversement).

## A. Données vidéo



## B. Données GPS



**Figure 17 – Détermination de la latence à partir des GPS et des vidéos.** A partir des enregistrements vidéo (A) et des données fournies par les GPS (B), le délai temporel pour que le chien change d'allure à partir du changement de rythme de marche des personnes a été comptabilisé. Dans l'exemple, le chien a mis 1,5 secondes à passer de l'immobilité à la marche au pas.

## b. Variables liées à l'activité de regard

Afin de mieux caractériser le comportement du chien et de le relier à la synchronisation comportementale, nous avons établi deux variables supplémentaires grâce aux enregistrements vidéo :

- Temps de regard : temps pendant lequel la tête ou le nez du chien était orienté vers le propriétaire. Nous avons obtenu trois valeurs par sujet : une pour chaque rythme de marche.
- Alternance de regard : nombre de regards dirigés vers le propriétaire et durant moins de deux secondes. Nous avons obtenu trois valeurs par sujet : une pour chaque rythme de marche.

## 6. Analyses statistiques

L'objectif de l'étude a été, d'une part, de confirmer l'existence de la synchronisation locomotrice du chien sur l'Homme, en utilisant un nouvel outil, et, d'autre part, d'explorer l'effet de la présence d'un groupe sur la synchronisation comportementale. Comme la synchronisation dépend de la taille du groupe chez l'Homme et que la sensibilité des chiens au comportement humain a déjà été montrée, nous avons supposé que le groupe familial impliquerait un degré plus élevé de synchronisation locomotrice du chien sur l'Homme par rapport à la seule présence du propriétaire.

Les valeurs associées aux variables de la synchronisation comportementale ont été obtenues par traitement informatique des données fournies par les GPS. En ce qui concerne les variables liées à l'activité de regard et à la synchronisation temporelle, les deux expérimentateurs ont codé indépendamment 100% des variables par inspection visuelle à l'aide du logiciel Media Player Classic Home Cinema (version 1.7.13, <https://mpc-hc.org/>). La fiabilité du codage comportemental a été évaluée par des corrélations de Pearson (variables latence et temps de regard) et de Spearman (variable alternance de regard).

Nous avons calculé des modèles linéaires à effets mixtes (MLM) en utilisant le langage R (version 4.0,2, <http://www.r-project.org>) pour analyser les effets potentiels du type de race, du rythme de marche et du nombre de personnes, ainsi que les interactions entre ces facteurs, sur la synchronisation comportementale et sur l'activité de regard du chien. Pour la synchronisation temporelle, le rythme de marche ne pouvait être utilisé comme facteur, mais l'effet potentiel du changement d'activité locomotrice sur la latence a été étudié (cf Tableau 3). Pour la variable alternance de regard (données discrètes), nous avons utilisé un modèle linéaire mixte généralisé.

Pour chaque modèle, la normalité des résidus a été vérifiée graphiquement. L'analyse des modèles indiquait s'il y avait un effet significatif des facteurs ou de leurs interactions sur les variables. Quand l'effet significatif concernait plus de deux sous-ensembles (par exemple, effet du facteur rythme de marche qui a trois sous-ensembles : statique, marche lente et marche rapide, ou interaction entre le facteur type de race et le facteur nombre de personnes qui implique quatre sous-ensembles : chiens de berger avec le propriétaire seul, chiens de berger avec le groupe familial, molossoïdes avec le propriétaire seul, molossoïdes avec le groupe familial), des tests *post-hoc* de Tukey ont été réalisés pour comparer deux à deux les sous-ensembles et identifier ceux à l'origine de l'effet significatif.

**Tableau 3 – Variables analysées.** Différentes variables liées à la synchronisation comportementale et à l'activité de regard ont été définies et analysées. Les effets potentiels de différents facteurs, et de leurs interactions, sur ces variables ont été étudiés.

	<b>Variable</b>	<b>Définition</b>	<b>Facteurs</b>
Synchronisation de localisation	Distance	Distance relative entre le propriétaire et le chien	Type de race Nombre de personnes Rythme de marche
	Temps passé à proximité	Temps passé par le chien à moins d'un mètre du propriétaire	Type de race Nombre de personnes Rythme de marche
Synchronisation d'activité	Vitesse du chien	Vitesse du chien calculée à partir des données GPS	Type de race Nombre de personnes Rythme de marche
	Différence de vitesse	Ecart entre la vitesse du chien et celle du propriétaire, calculée à partir des données GPS	Type de race Nombre de personnes Rythme de marche
Synchronisation temporelle	Latence	A partir du changement de vitesse du(des) personne(s), délai temporel avant que le chien change sa propre vitesse	Type de race Nombre de personnes Type de changement d'activité locomotrice
Activité de regard	Temps de regard	Temps passé par le chien à regarder le propriétaire	Type de race Nombre de personnes Rythme de marche
	Alternance de regard	Nombre de regards brefs dirigés vers le propriétaire	Type de race Nombre de personnes Rythme de marche



### III. Résultats

#### 1. Fiabilité inter-expérimentateurs

Les coefficients de corrélation entre les codages comportementaux des deux expérimentateurs étaient élevés : temps passé à regarder les humains :  $r = 0,838$ ,  $p\text{-value} < 0,001$  ; alternance de regards :  $r_s = 0,797$ ,  $p\text{-value} < 0,001$  ; latence :  $r = 0,860$ ,  $p\text{-value} < 0,001$ . Ces résultats indiquent une forte concordance entre les valeurs obtenues par les deux juges, qui ont donc évalué les enregistrements vidéo de la même façon.

#### 2. Statistiques descriptives de l'échantillon

Les caractéristiques détaillées de l'échantillon sont présentées en Annexe 5. Les chiens étaient âgés de 1 à 9 ans (moyenne et erreur standard sur l'ensemble des chiens =  $3,74 \pm 0,25$  ans ; chiens de berger =  $3,90 \pm 0,37$  ans ; molossoïdes =  $3,59 \pm 0,32$  ans). Il y avait 38 femelles et 22 mâles. Vingt et un chiens (14 chiens de berger et 7 molossoïdes) étaient déjà venus en balade sur le lieu où se déroulait l'expérience. Tous les chiens connaissaient les ordres de base (assis, couché, donne la patte), 17 chiens (13 chiens de berger et 4 molossoïdes) avaient un niveau d'éducation plus élevé : ils suivaient des cours occasionnels d'obéissance ou d'agility, et 12 chiens (8 chiens de berger et 5 molossoïdes) avaient un niveau très élevé avec des cours quotidiens et une participation régulière à des concours d'obéissance ou d'agility. Le niveau d'éducation du chien et sa familiarité avec le lieu du test n'ont pas affecté les variables étudiées (cf Annexe 6).

Les propriétaires étaient âgés de 20 à 69 ans (moyenne et erreur standard =  $37,58 \pm 1,65$  ans ; propriétaires de chiens de berger =  $37,30 \pm 2,44$  ans et propriétaires de molossoïdes =  $37,87 \pm 2,27$  ans). Quarante-deux propriétaires étaient des femmes, 18 étaient des hommes. Dans le cas des groupes familiaux, les deux personnes accompagnant le propriétaire étaient âgées de 18 à 52 ans (moyenne et erreur standard =  $28,05 \pm 1,15$  ans), et il y avait 65% de femmes.

### 3. Synchronisation de localisation

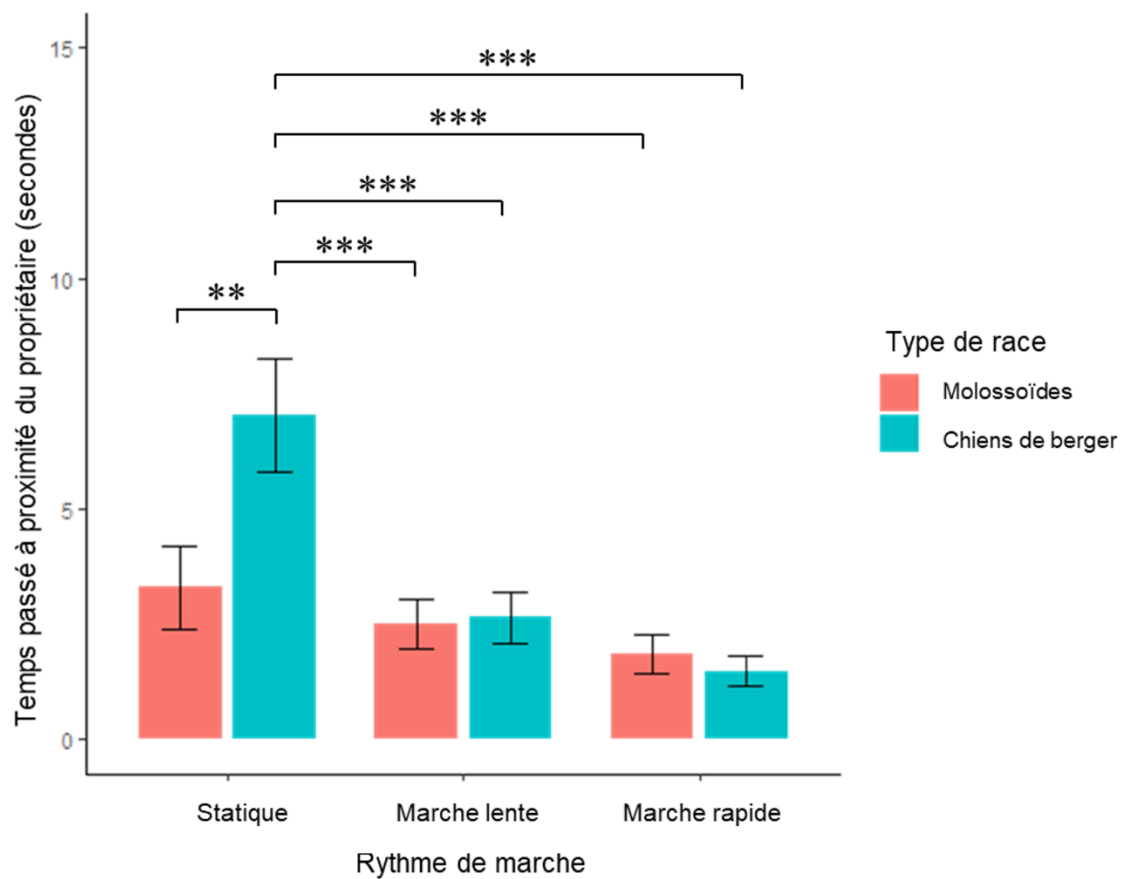
Pour étudier la synchronisation de localisation, la distance entre le chien et le propriétaire et le temps passé par le chien à proximité du propriétaire ont été analysés.

La distance moyenne entre le chien et le propriétaire a été de  $4,83 \pm 0,05$  mètres. Les statistiques descriptives pour la variable distance sont présentées dans le tableau 4. Il n'y a pas d'effet du rythme de marche (MLM :  $\chi^2 = 0,09$ ,  $df = 2$ ,  $p = 0,955$ ), du type de race (MLM :  $\chi^2 = 0,29$ ,  $df = 1$ ,  $p = 0,590$ ) ni du nombre de personnes (MLM :  $\chi^2 = 0,01$ ,  $df = 1$ ,  $p = 0,905$ ) sur la distance entre le chien et le propriétaire.

**Tableau 4 – Statistiques descriptives de la variable distance.** Les données sont présentées sous la forme moyenne  $\pm$  erreur standard.

		Rythme de marche des humains		
		Statique	Marche lente	Marche rapide
Chiens de berger (n=30)	Propriétaire seul (n=15)	3,13 $\pm$ 0,16 m	4,56 $\pm$ 0,13 m	4,43 $\pm$ 0,19 m
	Groupe familial (n=15)	5,30 $\pm$ 0,22 m	4,74 $\pm$ 0,13 m	6,84 $\pm$ 0,22 m
Molossoïdes (n=30)	Propriétaire seul (n=15)	3,35 $\pm$ 0,11 m	5,64 $\pm$ 0,23 m	4,86 $\pm$ 0,15 m
	Groupe familial (n=15)	5,05 $\pm$ 0,18 m	3,91 $\pm$ 0,11 m	6,21 $\pm$ 0,17 m

Concernant le temps passé à proximité du propriétaire, il n'y a pas eu de différence entre les chiens qui étaient avec le propriétaire seul et les chiens qui étaient avec le groupe familial (MLM :  $\chi^2 = 1,87$ ,  $df = 1$ ,  $p = 0,172$ ). Néanmoins, il y a eu un effet significatif du rythme de marche sur le temps passé à moins d'un mètre du propriétaire (MLM :  $\chi^2 = 27,89$ ,  $df = 2$ ,  $p < 0,001$ ), et cet effet a été différent pour les deux types de race ( $\chi^2 = 10,54$ ,  $df = 2$ ,  $p = 0,005$ ). Plus précisément, les chiens de berger ont passé plus de temps à proximité de leur propriétaire dans la condition statique par rapport aux conditions de marche lente et de marche, et par rapport aux molossoïdes lorsque le propriétaire était statique, en marche lente et en marche rapide (cf Figure 18). Les résultats des tests de comparaison *post-hoc* pour l'effet de l'interaction entre le rythme de marche et le type de race sur le temps passé à proximité du propriétaire sont présentés dans le tableau 5.



**Figure 18 – Représentation graphique du temps passé à proximité du propriétaire (en secondes) selon le rythme de marche et le type de race.** Les données sont présentées sous la forme moyenne  $\pm$  erreur standard.  $n=30$  pour chaque type de race. \*\*\* :  $p\text{-value} < 0,001$  ; \*\* :  $0,001 < p\text{-value} < 0,01$ . Les chiens de berger ont passé plus de temps à moins d'un mètre leur propriétaire en statique par rapport à toutes les autres conditions.

**Tableau 5 – Résultats du test post-hoc pour l'effet de l'interaction entre le type de race et le rythme de marche sur le temps passé à proximité du propriétaire.** Pour chaque comparaison, la différence de moyenne (en secondes), l'erreur standard (en secondes), le degré de liberté (df), le résultat du test de Student (t) et la p-value (p) sont présentés. Les chiens de berger ont passé significativement plus de temps à proximité de leur propriétaire dans la condition statique, par rapport aux autres rythmes de marche et par rapport aux molossoïdes.

Sous-ensembles comparés	Différence de moyenne	Erreur standard	df	t	p
Molossoïdes marche rapide – molossoïdes marche lente	-0,65	0,97	112	-0,67	0,985
Molossoïdes marche rapide – molossoïdes statique	-1,45	0,97	112	-1,49	0,671
Molossoïdes marche rapide – chiens de berger marche rapide	0,98	1,24	93,9	-0,15	0,968
Molossoïdes marche rapide – chiens de berger marche lente	-0,18	1,24	93,9	-0,78	1,000
Molossoïdes marche rapide – chiens de berger statique	-4,57	1,24	93,9	-3,69	<0,001
Molossoïdes marche lente – molossoïdes statique	-0,80	0,97	112	-0,82	0,963
Molossoïdes marche lente – chiens de berger marche rapide	1,63	1,24	93,9	1,32	0,775
Molossoïdes marche lente – chiens de berger lente	0,47	1,24	93,9	0,38	0,999
Molossoïdes marche lente – chiens de berger statique	-3,92	1,24	93,9	-3,77	<0,001
Molossoïdes statique – chiens de berger marche rapide	2,43	1,24	93,9	1,96	0,372
Molossoïdes statique – chiens de berger marche lente	1,27	1,24	93,9	1,02	0,910
Molossoïdes statique – chiens de berger statique	-3,12	1,24	93,9	-2,52	0,005
Chiens de berger marche rapide – chiens de berger marche lente	-1,17	0,97	112	-1,20	0,836
Chiens de berger marche rapide – chiens de berger statique	-5,55	0,97	112	-5,71	<0,001
Chiens de berger marche lente – chiens de berger statique	-4,38	0,97	112	-4,51	<0,001

#### 4. Synchronisation d'activité

Dans notre étude, la synchronisation d'activité a été analysée au travers de l'ajustement de la vitesse du chien selon le rythme de marche des humains, le nombre de personnes et le type de race.

Dans un premier temps, l'analyse de la vitesse des propriétaires a permis de confirmer qu'ils ont bien suivi les instructions puisque leur vitesse a été significativement différente entre chaque rythme de marche (MLM :  $\chi^2 = 357,49$ ,  $df = 2$ ,  $p < 0,001$ ). De plus, les propriétaires se sont déplacés à des vitesses similaires, sans différence entre les propriétaires seuls et ceux qui étaient entourés de deux personnes familières (MLM :  $\chi^2 = 0,42$ ,  $df = 1$ ,  $p = 0,517$ ).

Par ailleurs, les chiens ont eu des vitesses significativement différentes en fonction du rythme de marche des humains (MLM :  $\chi^2 = 7,69$ ,  $df = 2$ ,  $p < 0,001$ ). En revanche, il n'y a pas eu d'effet du type de race (MLM :  $\chi^2 = 0,00$ ,  $df = 1$ ,  $p = 0,969$ ) ni du nombre de personnes (MLM :  $\chi^2 = 0,43$ ,  $df = 1$ ,  $p = 0,512$ ) sur la vitesse des chiens. La figure 19 représente les vitesses moyennes des chiens et des humains pour chaque rythme de marche. Les résultats des tests de comparaison *post-hoc* pour les vitesses des chiens en fonction du rythme de marche des humains sont détaillés dans le tableau 6. La comparaison de la vitesse moyenne du chien avec celle du propriétaire, pour chaque rythme de marche, a révélé que les chiens ont eu une vitesse significativement plus élevée que celle des propriétaires, quel que soit leur rythme de marche (tests de Student pour la condition statique :  $t=31,67$ ;  $df=3989,5$ ;  $p<0,001$ , pour la condition marche lente :  $t=20,52$ ;  $df=3958$ ;  $p<0,001$ ; pour la condition marche rapide :  $t=15,55$ ;  $df=3916,4$ ;  $p<0,001$ ).

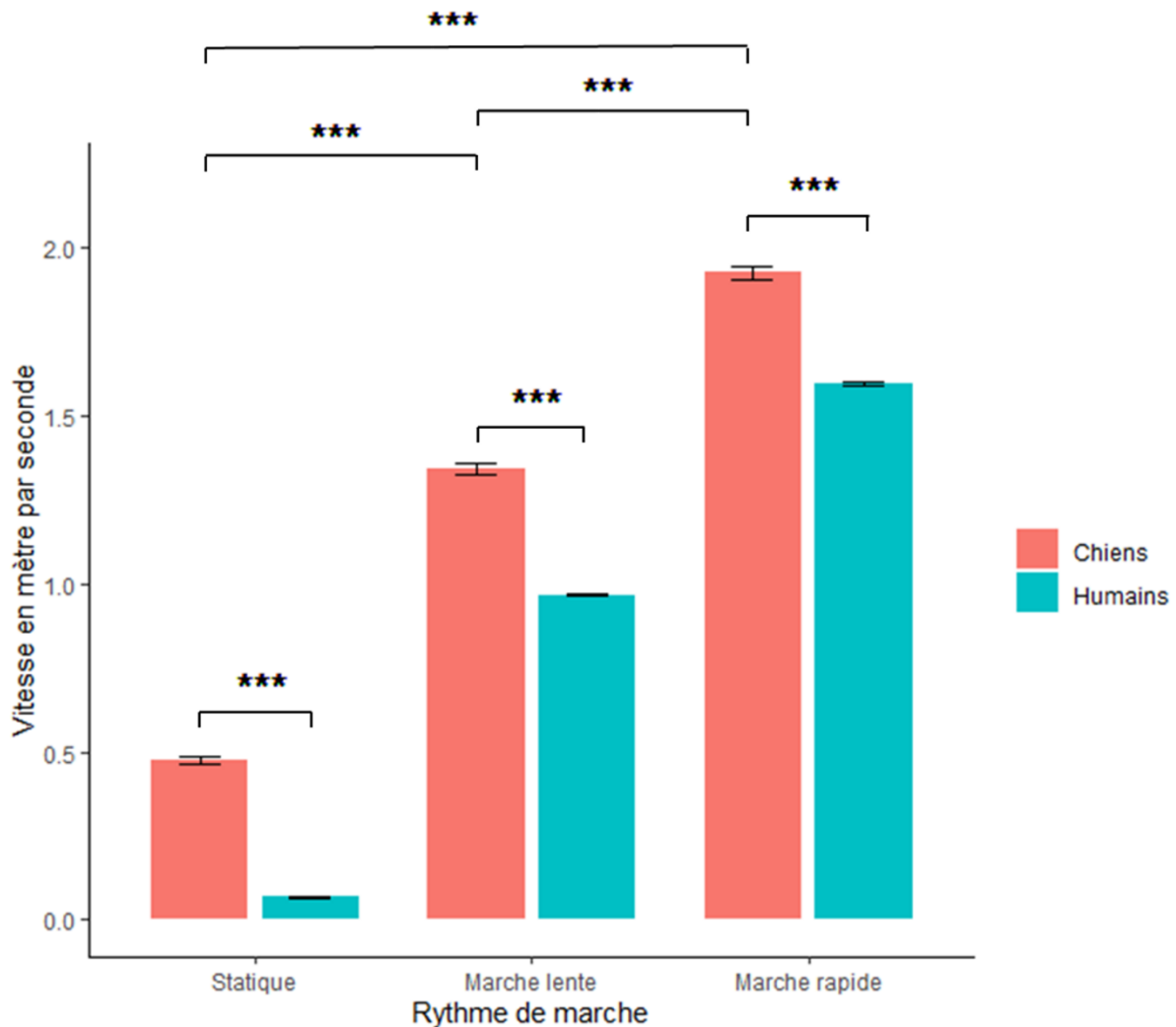
Enfin, la différence entre la vitesse du chien et celle du propriétaire a varié en fonction du rythme de marche (MLM :  $\chi^2 = 31,54$ ,  $df = 2$ ,  $p < 0,001$ ), mais pas selon le nombre de personnes (MLM :  $\chi^2 = 1,14$ ,  $df = 1$ ,  $p = 0,285$ ), ni selon le type de race (MLM :  $\chi^2 = 0,01$ ,  $df = 1$ ,  $p = 0,936$ ). Les tests *post-hoc* indiquent que l'écart de vitesse a été plus élevé dans la condition statique et la marche lente par rapport à la marche rapide (cf Tableau 8). Autrement dit, plus les personnes ont marché vite, plus les chiens ont ajusté leur vitesse.

**Tableau 6 - Résultats du test post-hoc pour l'effet du rythme de marche sur la vitesse du chien.** Pour chaque comparaison, la différence de moyenne (en mètre par seconde), l'erreur standard (en mètres par seconde), le degré de liberté (df), le résultat du test de Student (t) et la p-value (p) sont présentés. Les chiens ont été plus lents quand les personnes étaient statiques, plus rapides quand elles marchaient lentement et encore plus rapides quand elles marchaient rapidement.

Sous-ensembles comparés	Différence de moyenne	Erreur standard	df	t	p
Marche rapide – marche lente	0,59	0,02	10654	26,94	<0,001
Marche rapide – statique	1.45	0,02	10654	66,78	<0,001
Marche lente - statique	0,87	0,02	10654	40,15	<0,001

**Tableau 7 - Résultats du test post-hoc pour l'effet du rythme de marche sur l'écart entre la vitesse du chien et celle du propriétaire.** Pour chaque comparaison, la différence de moyenne (en mètre par seconde), l'erreur standard (en mètres par seconde), le degré de liberté (df), le résultat du test de Student (t) et la p-value (p) sont présentés. L'écart entre la vitesse du chien et celle du propriétaire a diminué quand ce dernier accélérail.

Sous-ensembles comparés	Différence de moyenne	Erreur standard	df	t	p
Marche rapide – marche lente	-0,17	0,04	10654	-3,85	0,004
Marche rapide – statique	-0,24	0,04	10654	-5,48	<0,001
Marche lente - statique	-0,07	0,04	10654	-1,66	0,222



**Figure 19 – Représentation graphique de la vitesse des chiens et des humains pour chaque rythme de marche.** Les données sont présentées sous la forme moyenne  $\pm$  erreur standard ( $n=60$  pour les chiens et pour les humains. \*\*\* :  $p$ -value $<0,001$ ). Pour chaque rythme de marche, les chiens ont eu des vitesses significativement différentes et supérieures à celles des humains.

## 5. Synchronisation temporelle

Pour étudier la synchronisation temporelle, nous avons mesuré la latence entre le moment où les personnes changeaient leur rythme de marche et celui où le chien changeait sa propre vitesse. Les données descriptives sont présentées dans le tableau 8. Comme les personnes ont enchaîné les trois rythmes de marche, il y a eu deux changements de rythme par test. Une latence pour chaque changement a été observée pour 34 chiens, une seule latence pour deux changements pour 14 chiens, et aucune latence pour 12 chiens, respectivement. En moyenne, les chiens ont modifié leur vitesse en 2,26 secondes (erreur standard : 0,19 secondes) après le changement

de rythme de marche. L'analyse statistique de la latence a montré qu'il n'y a pas eu de différence entre les chiens de berger et les molossoïdes (MLM :  $\chi^2 = 0,34$ ,  $df = 1$ ,  $p = 0,562$ ), ni entre les chiens avec leur propriétaire seul et les chiens en présence du groupe familial (MLM :  $\chi^2 = 1,69$ ,  $df = 1$ ,  $p = 0,193$ ). Le type de changement d'activité locomotrice n'a pas affecté la latence avant le changement de vitesse (MLM :  $\chi^2 = 0,28$ ,  $df = 2$ ,  $p = 0,871$ ).

**Tableau 8 – Statistiques descriptives de la variable latence.** Les données sont présentées sous la forme moyenne  $\pm$  erreur standard.

		Type de changement de rythme		
		Arrêt à mise en mouvement	Mouvement à arrêt	Variation de vitesse
Chiens de berger	Propriétaire seul	n=6 2,20 $\pm$ 0,70 s	n=2 2,05 $\pm$ 1.35 s	n=4 2,85 $\pm$ 1.14 s
	Groupe familial	n=8 2,01 $\pm$ 0,78 s	n=4 2,68 $\pm$ 0,80 s	n=8 1,83 $\pm$ 0,44 s
Molossoïdes	Propriétaire seul	n=9 2,51 $\pm$ 1.07 s	n=7 2,43 $\pm$ 0,67 s	n=7 2,47 $\pm$ 0,64s
	Groupe familial	n=13 2,19 $\pm$ 0,50 s	n=9 1,96 $\pm$ 0,49 s	n=5 2,52 $\pm$ 0,90 s

## 6. Activité de regard

Au-delà des composantes de la synchronisation comportementale, deux variables concernant l'activité de regard des chiens ont été explorées.

Tout d'abord, nous nous sommes intéressés au temps passé par les chiens à regarder leur propriétaire. L'analyse de cette variable a révélé un effet significatif du rythme de marche des humains (MLM :  $\chi^2 = 6,19$ ,  $df = 2$ ,  $p = 0,045$ ), en interaction, d'une part, avec le type de race (MLM :  $\chi^2 = 6,98$ ,  $df = 2$ ,  $p = 0,031$ ) et, d'autre part, le nombre de personnes (MLM :  $\chi^2 = 8,21$ ,  $df = 2$ ,  $p = 0,017$ ). La figure 20 représente ces interactions. Les tests de comparaisons *post-hoc* ont montré que dans la condition de marche rapide, les molossoïdes ont passé plus de temps à regarder leur propriétaire que dans la condition statique (test de comparaison *post-hoc* : différence de moyenne = 2,77, erreur standard = 0,77,  $df = 112$ , statistique de Student = 3,62,  $p =$

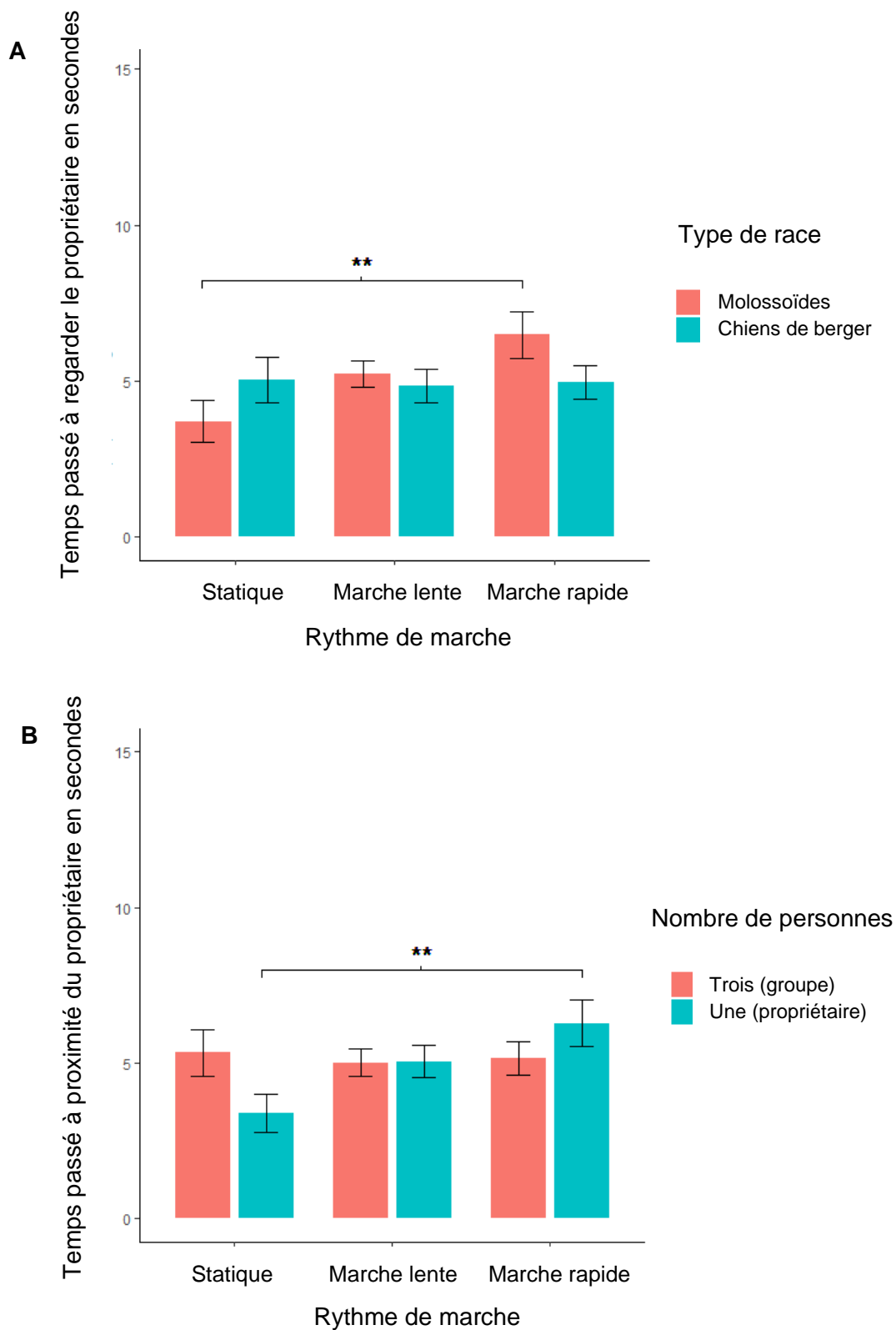


0,006) ; et que les chiens avec leur propriétaire seul ont passé moins de temps à le regarder lorsque ce dernier était statique par rapport à la condition de marche rapide (test de comparaison *post-hoc* : différence de moyenne = 2,88, erreur standard = 0,77,  $df = 112$ , statistique de Student = 3,76,  $p = 0,004$ ). Toutes les autres comparaisons étaient non significatives (cf Annexe 7).

En ce qui concerne l'alternance de regard, nos résultats montrent que les chiens ont fait moins de regards brefs vers les propriétaires, lorsque ces derniers étaient statiques ( $1,23 \pm 0,13$ ) par rapport aux deux conditions de mouvement (pour la marche lente :  $1,82 \pm 0,17$  ; pour la marche rapide :  $1,80 \pm 0,16$  ; MLM pour l'effet du rythme de marche :  $\chi^2 = 7,32$ ,  $df = 2$ ,  $p = 0,026$ , les résultats des tests *post-hoc* sont présentés dans le tableau 8). De plus, il y a eu plus d'alternances de regard pour les chiens avec le groupe ( $1,84 \pm 0,13$ ) par rapport aux chiens avec le propriétaire seul ( $1,39 \pm 0,12$  ; MLM pour l'effet du nombre de personnes :  $\chi^2 = 3,86$ ,  $df = 1$ ,  $p = 0,049$ ). L'analyse n'a pas révélé de différence entre les chiens de berger et les molossoïdes (MLM :  $\chi^2 = 0,10$ ,  $df = 1$ ,  $p = 0,750$ ).

**Tableau 9 - Résultats du test *post-hoc* pour l'effet du rythme de marche sur l'alternance de regard.** Pour chaque comparaison, la différence de moyenne, l'erreur standard, le résultat du test Z (z) et la p-value (p) sont présentés.

Sous-ensembles comparés	Différence de moyenne	Erreur standard	z	p
Marche rapide – marche lente	-0,01	0,14	-0,07	0,997
Marche rapide – statique	0,36	0,15	2,38	0,046
Marche lente - statique	0,37	0,15	2,45	0,038



**Figure 20 – Représentations graphiques du temps passé par les chiens à regarder les humains en fonction du rythme de marche.** Les données sont présentées sous la forme moyenne  $\pm$  erreur standard. \*\*:  $0,001 < p\text{-value} < 0,01$ . A. Temps passé à regarder les humains pour chaque type de race ( $n=30$  pour chaque), les molossoïdes ont passé plus de temps à regarder leur propriétaire en marche rapide qu'en statique. B. Temps passé à regarder les humains selon le nombre de personnes ( $n=30$  pour chaque), les chiens avec le propriétaire seul ont passé plus de temps à le regarder lorsqu'il marchait rapidement, par rapport à la condition statique.

## IV. Discussion

### 1. Confirmation des résultats des précédentes études : existence d'une synchronisation locomotrice du chien sur l'Homme

#### a. Comparaison avec les résultats antérieurs

Dans la présente étude, nous avons confirmé l'existence de la synchronisation locomotrice du chien sur l'homme pour deux types de race, en utilisant un nouvel outil et, nous avons comparé la synchronisation locomotrice des chiens en présence d'un groupe d'humains familiers par rapport au propriétaire seul. Quel que soit le nombre de personnes, les chiens ont présenté un ajustement comportemental sur l'activité locomotrice des participants. Les résultats de la présente étude ont donc confirmé l'existence de la synchronisation locomotrice du chien sur l'Homme. Plus précisément, nous avons montré que les chiens étaient spatialement proches de leur propriétaire, seul ou entouré de deux personnes, qu'ils adaptaient leur vitesse selon le rythme de marche des personnes qui les entouraient, et que lorsque ces dernières changeaient leur rythme de marche, les chiens adaptaient leur propre vitesse avec un délai temporel très court.

#### b. Précisions apportées par les mesures quantitatives objectives

Contrairement aux études précédentes sur la synchronisation comportementale interspécifique, la plupart des variables analysées ont été obtenues à partir d'un outil innovant et objectif : le GPS, associé à une base RTK. Ce dispositif rendait possible l'obtention en temps réel des positions des chiens et des propriétaires avec une précision centimétrique. L'analyse de ces données a révélé que les chiens ne se sont pas déplacés exactement à la même vitesse que les humains, mais qu'ils ont été très lents lorsque les humains étaient statiques, un peu plus rapides lorsque les humains marchaient lentement, et encore plus rapides lorsque les humains marchaient vite. Ainsi, les chiens n'ont pas adapté leur vitesse à celle des humains de manière absolue, mais il y a eu un ajustement relatif de la vitesse du chien à celle des humains.

Quel que soit le rythme de marche, les chiens ont eu une vitesse plus élevée que celle des humains. L'Homme, bipède, et le chien, quadrupède, ont des séquences locomotrices différentes, cela peut expliquer pourquoi la vitesse des chiens est toujours supérieure à celle des humains. D'ailleurs, ce résultat est en accord avec ceux d'une précédente étude, qui a révélé que pendant les promenades, la vitesse du chien est 1,5 à 3,7 fois plus élevée que celle du propriétaire (Ákos *et al.*, 2014). De manière générale durant les essais, les chiens marchaient devant les humains, et lorsque la distance atteignait quelques mètres (puisque'ils étaient plus rapides que les humains), ils revenaient sur leur pas pour se rapprocher des humains, puis ils reprenaient leur marche dans la même direction que celle des humains. Ainsi à l'issue du test, la trajectoire du chien et du propriétaire était souvent superposée.

## 2. Même degré de synchronisation entre les chiens avec un groupe familial et les chiens avec leur propriétaire

Nous avons émis l'hypothèse que la présence d'un groupe familial augmenterait la synchronisation comportementale du chien sur l'Homme. Dans cette perspective, nous avons supposé que les chiens en présence d'un groupe familial seraient plus proches des humains et adaptent plus rapidement leur vitesse sur celle des humains, par rapport aux chiens en présence de leur propriétaire seul. Bien que nous ayons mis en évidence une forte synchronisation locomotrice du chien sur l'Homme, nous n'avons détecté aucune différence entre les conditions propriétaire seul et groupe familial, sur les trois composantes de la synchronisation comportementale.

Pour la synchronisation de localisation, la distance entre le chien et le propriétaire n'a pas été affectée par la présence d'un groupe familial, puisque les chiens étaient aussi proches du propriétaire, qu'il soit seul ou accompagné de deux personnes. Les GPS nous ont permis de mesurer uniquement la distance entre le chien et son propriétaire, cependant nous avons remarqué durant la collecte de données que certains chiens en présence du groupe familial avaient été parfois plus proches d'une des deux personnes familières que du propriétaire. Si nous avions pu utiliser d'autres GPS, il aurait été intéressant de faire porter un GPS par personne,

de façon à davantage caractériser la synchronisation de localisation dans le cas du groupe familial.

En ce qui concerne la synchronisation d'activité et temporelle, la vitesse des chiens n'a pas varié en fonction du nombre de personnes et la latence mesurée à chaque changement de rythme de marche n'a pas varié pour les chiens en présence d'un groupe familial. Néanmoins, les latences mesurées pour les chiens avec leur propriétaire étaient déjà très faibles (cf Tableau 8), ces valeurs sont même inférieures à celles rapportées dans les précédentes études ( $2,26 \pm 0,21$  secondes dans la présente étude,  $3,40 \pm 0,52$  secondes dans celle de Duranton *et al.*, 2017b). Il est donc possible que le délai entre la perception et l'action ne puisse être davantage écourté, ce qui expliquerait l'absence de différence entre les chiens avec une seule personne et les chiens avec trois personnes.

Dans cette étude, les chiens se sont synchronisés autant sur leur propriétaire que sur un groupe de personnes familiales. L'absence de différence entre les deux conditions concernant le nombre de personnes pourrait être liée à la taille du groupe familial. En effet, chez l'Homme, la synchronisation comportementale dépend de la taille du groupe : plus le nombre d'individus augmente, plus ils se synchronisent (Cracco & Brass, 2018). Il est possible que la taille du groupe choisie soit insuffisante dans cette étude pour induire des différences en fonction du nombre de personnes présentes lors du test. Une autre possibilité serait que la synchronisation comportementale soit déjà à son plus haut degré avec le propriétaire seul, et ne puisse être amplifiée, quel que soit le nombre d'individus. La reproduction de ce protocole expérimental en incluant et en comparant d'autres tailles de groupe pourrait permettre de caractériser l'éventuel effet de la taille du groupe sur la synchronisation comportementale interspécifique.

L'absence d'augmentation du degré de synchronisation en présence d'un groupe peut également être liée à la relation entre le chien et les personnes accompagnant le propriétaire. Dans notre étude, les personnes familiales correspondaient à des individus avec lesquels le chien avait déjà interagi à plusieurs reprises, il ne s'agissait pas nécessairement de personnes vivant dans le même foyer que le chien. Cependant, les interactions entre le chien et l'Homme sont affectées par l'affiliation et pas simplement la familiarité sociale. Une étude récente permet d'illustrer ce propos : des chiens ont été face à une personne effectuant des actions spécifiques

sur des objets : le regarder, le manipuler, le déplacer (Horn *et al.*, 2013). Cette personne était soit inconnue du chien, soit familière avec une relation plus ou moins étroite. Les chiens ont été plus attentifs aux personnes avec lesquelles ils ont une relation étroite, caractérisée par de nombreuses activités partagées, et ils ont accordé autant d'attention aux personnes familières avec lesquelles ils passaient moins de temps actif qu'aux personnes inconnues (Horn *et al.*, 2013). En résumé, au niveau intraspécifique et interspécifique, les chiens étroitement affiliés entre eux ou avec leur propriétaire présentent une plus forte synchronisation comportementale (Duranton & Gaunet, 2015 ; Duranton, 2020). Il est donc possible que dans notre étude, la relation entre les personnes familières et le chien n'était pas assez étroite pour observer une augmentation du degré de synchronisation.

### 3. Effet de l'activité locomotrice humaine sur l'état attentionnel du chien

Les chiens avec leur propriétaire et ceux avec le groupe familial ont présenté un degré de synchronisation similaire. Néanmoins, une distinction entre ces deux conditions expérimentales a été constatée concernant l'activité de regard. En effet, nous avons observé plus d'alternances de regard pour les chiens en présence du groupe familial par rapport aux chiens avec le propriétaire seul. Par ailleurs, les chiens avec le propriétaire seul ont passé moins de temps à le regarder lorsque ce dernier était statique, que lorsqu'il marchait rapidement. Ces résultats sont similaires à ceux de l'étude de Duranton *et al.* (2017b), qui indiquent que les chiens regardent plus longtemps leur propriétaire lorsque ce dernier est en mouvement, que lorsqu'il est immobile.

Chez l'Homme, le contact visuel est considéré comme l'initiation et le maintien d'une interaction de communication (cf Partie 1 – Paragraphe II. 4.c.). A l'échelle interspécifique, le chien établit un contact visuel avec l'Homme dans de nombreux contextes et l'activité de regard est considérée comme un indice reflétant l'état attentionnel (Miklósi *et al.*, 2003, Virányi *et al.*, 2004). De ce fait, on peut considérer que, dans notre expérience, les chiens tentaient d'obtenir des informations de la part des personnes qui l'accompagnaient et essayaient d'établir une communication par contact visuel. Dans cette perspective, les chiens ont passé plus de temps à regarder le propriétaire lorsqu'il était engagé dans une action motrice, et les chiens en présence

de trois personnes ont fait plus de coups d'œil vers le propriétaire que les chiens avec le propriétaire seul, puisqu'ils recevaient plus d'informations visuelles et étaient plus attentifs dans ces situations. En outre, d'après les résultats de la présente étude, plus l'Homme marche vite, plus le chien le regarde et ajuste sa vitesse. Par conséquent, nous pouvons considérer que la visualisation de l'activité locomotrice humaine peut être un signal déclencheur de la synchronisation comportementale du chien.

#### 4. Synchronisation comportementale et types de race

Les effets potentiels de deux types de race sur les différentes composantes de la synchronisation comportementale ont été étudiés. Dans les précédentes études, les auteurs avaient constaté que les chiens de berger marchaient plus vite que les molossoïdes et ajustaient leur activité à celle de leur propriétaire plus rapidement (Duranton *et al.*, 2017a ; Duranton *et al.*, 2018a). De plus, les auteurs avaient observé des différences entre ces deux types de race au niveau de l'activité de regard : les chiens de berger fixaient leur propriétaire plus longtemps que les molossoïdes. Finalement, les différences entre les deux types de race observés dans les travaux précédents n'ont pas été retrouvées dans notre étude. En revanche, nous avons constaté que les molossoïdes ont passé plus de temps à regarder leur propriétaire dans la condition de marche rapide par rapport à la condition statique. Nous avons également remarqué que les chiens de berger ont passé plus de temps à proximité du propriétaire, dans la condition statique, par rapport aux deux autres conditions, et par rapport aux molossoïdes.

Les chiens se comportent selon le tempérament pour lequel ils ont été sélectionnés lorsque l'Homme ne lui donne pas de commande verbale (Duranton *et al.*, 2019). Les chiens de berger ont été sélectionnés pour le rassemblement de troupeaux et pour la capacité à suivre la direction de leur propriétaire (Duranton *et al.*, 2019). On pourrait alors penser que lorsque les propriétaires étaient statiques, les chiens de berger les ont rejoints pour attendre leur prochaine action et la copier. Les molossoïdes ont été sélectionnés pour la protection et la détection des individus inconnus et des situations inhabituelles (Duranton *et al.*, 2019). D'après nos résultats, plus les personnes marchent vite, plus les molossoïdes passent du temps à les regarder, on peut considérer que cette attitude a pour but de surveiller l'Homme et son

environnement proche, afin de réagir en cas de changement anormal. Il pourrait être intéressant d'étendre l'étude de la synchronisation comportementale interspécifique à d'autres types de race de chiens, afin de révéler éventuellement d'autres différences entre les races, et les relier aux caractéristiques sociales pour lesquelles les races ont été sélectionnées.

## 5. Apports pratiques des résultats de l'étude

Cette étude est la première à s'intéresser à l'effet de la présence d'un groupe de personnes sur la synchronisation comportementale du chien sur l'Homme. Nous avons montré que le degré de synchronisation locomotrice était très élevé, que le chien soit en présence d'une ou de trois personnes. Ces résultats peuvent apporter un nouveau regard sur les interactions entre l'Homme et le chien.

La compréhension des propriétés de la synchronisation comportementale interspécifique peut contribuer à l'amélioration des relations entre l'Homme et le chien. Savoir que le chien ajuste son comportement sur les personnes qui l'entourent permet de mieux appréhender les interactions interspécifiques. Dans de nombreuses situations quotidiennes, les chiens sont en présence de plusieurs personnes. Lors d'une consultation vétérinaire par exemple, les chiens sont souvent stressés ; si les personnes qui les entourent (propriétaire, vétérinaire, auxiliaire spécialisé vétérinaire notamment) agissent de manière coordonnée et calme, alors les chances que le chien adapte son comportement augmentent, ce qui procure un contexte plus détendu et sécurisé pour le déroulement de la consultation.

La synchronisation comportementale survient dans de nombreuses situations quotidiennes. Le chien vient spontanément aux pieds de son propriétaire lorsque ce dernier s'assoit, ses périodes de repos et d'activité sont ajustées à celles des membres du foyer, et deux chiens dormant côte à côte peuvent adopter la même position. Autant d'exemples pour lesquels la synchronisation comportementale peut facilement être observée, même pour un œil non-expert (Duranton *et al.*, 2018b). La synchronisation interspécifique peut ainsi être appliquée dans l'éducation des chiens. Par exemple, au cours des balades, lors de la rencontre avec un individu inconnu, le chien se réfère à l'attitude de son propriétaire (Duranton *et al.*, 2018b). De ce fait, si ce dernier adopte une posture détendue, le chien présente alors une attitude similaire et, de cette façon,



il est possible d'apprendre au chien à gérer les situations nouvelles sans stress ni contrainte physique. En ce sens, la synchronisation comportementale peut être un outil pour guider la réaction des chiens dans de nombreux contextes.

Le chien a une préférence pour les individus qui se synchronisent à lui (Duranton *et al.*, 2019). Ainsi, en étant attentifs aux attitudes de leur chien, les membres du foyer peuvent adapter leur comportement, en allant au même endroit et en s'asseyant près de lui, par exemple ; cela renforce les liens qui les unissent. De ce point de vue, la synchronisation comportementale participe au bien-être du chien, en améliorant la qualité de la relation entre le chien et les personnes qui l'entourent.

## CONCLUSION

---

Cette étude est la première à examiner l'effet de la présence d'un groupe sur la synchronisation comportementale à l'échelle interspécifique. A l'aide de GPS, un nouvel outil permettant la collecte de données objectives et quantitatives, les différentes composantes de la synchronisation comportementale interspécifique du chien sur l'Homme ont été décrites en milieu extérieur ouvert. De plus, nous avons montré que les chiens s'engageaient dans un degré élevé de synchronisation locomotrice avec leur propriétaire ou avec un groupe de trois personnes connues du chien.

Pour approfondir la compréhension de l'effet de groupe sur la synchronisation interspécifique, il serait intéressant de mener des études ultérieures avec d'autres tailles de groupe. Une autre possibilité serait d'affiner la définition de « personne familière ». En sélectionnant uniquement des personnes vivant dans le même foyer que le chien et ayant une relation privilégiée avec ce dernier, cela permettrait d'étudier l'impact du degré d'affiliation sur la synchronisation comportementale à l'échelle du groupe.

La caractérisation des propriétés qui sous-tendent la synchronisation comportementale du chien sur l'Homme permet d'améliorer la compréhension de la relation entre ces deux espèces, l'intérêt pratique étant de mieux appréhender les interactions interspécifiques au quotidien. La synchronisation comportementale peut être utilisée pour optimiser la gestion des situations inconfortables ou stressantes pour le chien, elle peut également servir d'outil en éducation canine. En conséquence, appliquer les connaissances scientifiques dans les situations quotidiennes améliore la qualité des interactions entre le chien et l'Homme et favorise le bien-être du chien.

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

---

- Ákos, Z., Beck, R., Nagy, M., Vicsek, T., & Kubinyi, E. (2014). Leadership and path characteristics during walks are linked to dominance order and individual traits in dogs. *PLoS Computational Biology*. 10(1). e1003446.  
DOI : 10,1371/journal.pcbi.1003446.
- Baimel, A., Severson, R. L., Baron, A. S., & Birch, S. A. J. (2015). Enhancing “theory of mind” through behavioral synchrony. *Frontiers in Psychology*. 6. pp. 870.  
DOI : 0,3389/fpsyg.2015.00870.
- Beauchamp, G. (2015). *Animal vigilance : Monitoring predators and competitors*. Amsterdam : Edition Academic Press. pp. 272. ISBN : 978-0-12-407818-2.
- Bonanni, R., & Cafazzo, S. (2014). The Social Organisation of a Population of Free-Ranging Dogs in a Suburban Area of Rome. In *The Social Dog*. London : Edition Academic Press. pp 65-104. DOI : 10,1016/B978-0-12-407818-5.00003-6.
- Bräuer, J., Kaminski, J., Riedel, J., Call, J., & Tomasello, M. (2006). Making inferences about the location of hidden food : Social dog, causal ape. *Journal of Comparative Psychology*. 120(1). pp. 38-47. DOI : 10,1037/0735-7036.120,1.38.
- Call, J., Bräuer, J., Kaminski, J., & Tomasello, M. (2003). Domestic dogs (*Canis familiaris*) are sensitive to the attentional state of humans. *Journal of Comparative Psychology*. 117(3). pp. 257-263. DOI : 10,1037/0735-7036.117.3.257
- Conradt, L., & Roper, T. J. (2000). Activity synchrony and social cohesion : A fission-fusion model. *Proceedings of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences*. 267(1458). pp. 2213-2218. DOI : 10,1098/rspb.2000,1271.
- Cracco, E., & Brass, M. (2018). Automatic imitation of multiple agents: Simultaneous or random representation ?. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*. 44(5). pp. 729. DOI : 10,1037/xhp0000489/
- Cracco, E., De Coster, L., Andres, M., & Brass, M. (2016). Mirroring multiple agents: motor resonance during action observation is modulated by the number of agents. *Social Cognitive and Affective Neuroscience*. 11(9). pp. 1422-1427.  
DOI : 10,1093/scan/nsw059
- Cracco, E., Keysers, C., Clauwaert, A., & Brass, M. (2019). Representing multiple observed actions in the motor system. *Cerebral Cortex*. 29(8). pp. 3631-3641.  
DOI : 10,1093/cercor/bhy237
- Deputte, B. L. (2010). Communication, perception et expression du chien. In *Comportement et éducation du chien*. Dijon : Edition Educ'Agri. 355-418. pp. 355-424. ISBN : 978-2-84444-755-5.

Durantón, C. (2020). Local synchrony as a tool to estimate affiliation in dogs. *Journal of Veterinary Behavior*. 36. pp. 48-53. DOI : 10,1016/j.jveb.2019.10,007.

Durantón, C., Bedossa, T., & Gaunet, F. (2017a). Do shelter dogs engage in social referencing with their caregiver in an approach paradigm? An exploratory study. *Applied Animal Behaviour Science*. 189. pp. 57-65. DOI : 10,1016/j.applanim.2017.01.009.

Durantón, C., Bedossa, T., & Gaunet, F. (2017b). Interspecific behavioural synchronization : Dogs exhibit locomotor synchrony with humans. *Scientific Reports*. 7(1). 12384. DOI : 10,1038/s41598-017-12577-z.

Durantón, C., Bedossa, T., & Gaunet, F. (2018a). Pet dogs synchronize their walking pace with that of their owners in open outdoor areas. *Animal Cognition*. 21(2). pp. 219-226. DOI : 10,1007/s10071-017-1155-x.

Durantón, C., Bedossa, T., & Gaunet, F. (2018b). The perception of dogs' behavioural synchronization with their owners depends partially on expertise in behaviour. *Applied Animal Behaviour Science*. 199. pp. 24-28. DOI : 10,1016/j.applanim.2017.11.004.

Durantón, C., Bedossa, T., & Gaunet, F. (2019). Pet dogs exhibit social preference for people who synchronize with them : What does it tell us about the evolution of behavioral synchronization? *Animal Cognition*. 22(2). pp. 243-250. DOI : 10,1007/s10071-019-01241-w.

Durantón, C., & Gaunet, F. (2015). *Canis sensitivus* : Affiliation and dogs' sensitivity to others' behavior as the basis for synchronization with humans? *Journal of Veterinary Behavior*. 10(6). pp. 513-524. DOI :10,1016/j.jveb.2015.08.008.

Durantón, C., & Gaunet, F. (2016). Behavioural synchronization from an ethological perspective : Overview of its adaptive value. *Adaptive Behavior*. 24(3). pp. 181-191. DOI : 10,1177/1059712316644966.

Durantón, C., & Gaunet, F. (2018). Behavioral synchronization and affiliation : Dogs exhibit human-like skills. *Learning & Behavior*. 46(4). pp. 364-373. DOI : 10,3758/s13420-018-0323-4.

Durantón, C., Range, F., & Virányi, Z. (2017c). Do pet dogs (*Canis familiaris*) follow ostensive and non-ostensive human gaze to distant space and to objects? *Royal Society Open Science*. 4(7). 170349. DOI : 10,1098/rsos.170349.

Feng, Y., & Wang, J. (2008). GPS RTK performance characteristics and analysis. *Positioning*. 1(13). pp. 1-8. DOI : 10,5081/JGPS.7.1.1.

Gácsi, M., McGreevy, P., Kara, E., & Miklósi, Á. (2009). Effects of selection for cooperation and attention in dogs. *Behavioral and Brain Functions*. 5(1). pp. 31. DOI : 10,1186/1744-9081-5-31.

Gácsi, M., Miklósi, Á., Varga, O., Topál, J., & Csányi, V. (2004). Are readers of our face readers of our minds? Dogs (*Canis familiaris*) show situation-dependent recognition of human's attention. *Animal Cognition*. 7(3). pp. 144-153. DOI : 10,1007/s10071-003-0205-8.

Gaunet, F. (2010). La cognition du chien. In *Comportement et éducation du chien*. Dijon : Edition Educ'Agri. pp. 355-418. 425-453. ISBN : 978-2-84444-755-5.

Gaunet, F. (2020). Les cognitions du chien. In *Comportement et bien être du chien* Dijon : Edition Educ'Agri. pp. 203- 226. ISBN :979-10-275-0312-4.

Gaunet, F., & Deputte, B. L. (2011). Functionally referential and intentional communication in the domestic dog : Effects of spatial and social contexts. *Animal Cognition*. 14(6). pp. 849-860. DOI : 10,1007/s10071-011-0418-1.

Gautrais, J., Michelena, P., Sibbald, A., Bon, R., & Deneubourg, J.-L. (2007). Allelomimetic synchronization in Merino sheep. *Animal Behaviour*. 74(5). pp. 1443-1454. DOI : 10,1016/j.anbehav.2007.02.020.

Gordon, I., Gilboa, A., Cohen, S., Milstein, N., Haimovich, N., Pinhasi, S., & Siegman, S. (2020). Physiological and Behavioral Synchrony Predict Group Cohesion and Performance. *Scientific Reports*. 10(1). 8484. DOI : 10,1038/s41598-020-65670-1.

Guéguen, N., & Martin, A. (2008). L'effet de l'imitation sur l'évaluation d'autrui: une expérimentation dans un contexte de séduction. In *Revue internationale de psychologie sociale*, Grenoble : Presses universitaires de Grenoble. 21(4). pp. 5-24. ISBN : 978270611526.

Guerin, B., & Innes, J. (1993). *Social Facilitation*. Cambridge : Cambridge University Press. pp. 254. ISBN : 9780511628214.

Hare, B. (2002). The Domestication of Social Cognition in Dogs. *Science*. 298(5598). pp. 1634-1636. DOI : 10,1126/science.1072702.

Hare, B., Call, J., & Tomasello, M. (1998). Communication of Food Location Between Human and Dog (*Canis Familiaris*). *Evolution of Communication*. 2(1). pp. 137-159. DOI : 10,1075/eoc.2.1.06har.

Hare, J. F., Campbell, K. L., & Senkiw, R. W. (2014). Catch the wave : Prairie dogs assess neighbours' awareness using contagious displays. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*. 281(1777). 20132153. DOI : 10,1098/rspb.2013.2153.

Hauschildt, V., & Gerken, M. (2015). Individual gregariousness predicts behavioural synchronization in a foraging herbivore, the sheep (*Ovis aries*). *Behavioural Processes*. 113. pp. 110-112. DOI : 10,1016/j.beproc.2015.01.013.

Heberlein, M., & Turner, D. C. (2009). Dogs, *Canis familiaris*, find hidden food by observing and interacting with a conspecific. *Animal Behaviour*. 78(2). pp. 385-391. DOI : 10,1016/j.anbehav.2009.05.012.

Heyes, C. (2009). Evolution, development and intentional control of imitation. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*. 364(1528). pp. 2293-2298. DOI : 10,1098/rstb.2009.0049.

Heyes, C. M. (1994). Social learning in animals : categories and mechanisms. *Biological Reviews*. 69(2). pp. 207-231. DOI : 10,1111/j.1469-185X.1994.tb01506.x.

Horn, L., Range, F., & Huber, L. (2013). Dogs' attention towards humans depends on their relationship, not only on social familiarity. *Animal Cognition*. 16(3). pp. 435-443. DOI : 10,1007/s10071-012-0584-9.

Horowitz, A. (2009). Attention to attention in domestic dog (*Canis familiaris*) dyadic play. *Animal Cognition*. 12(1). pp. 107-118. DOI : 10,1007/s10071-008-0175-y.

Hove, M. J., & Risen, J. L. (2009). It's All in the Timing : Interpersonal Synchrony Increases Affiliation. *Social Cognition*. 27(6). pp. 949-960. DOI : 10,1521/soco.2009.27.6.949.

Huber, L., Popovová, N., Riener, S., Salobir, K., & Cimarelli, G. (2018). Would dogs copy irrelevant actions from their human caregiver?. *Learning & Behavior*. 46(4). pp. 387-397. DOI : 10,3758/s13420-018-0336-z.

Huber, L., Range, F., & Virányi, Z. (2014). Dog Imitation and Its Possible Origins. In *Domestic Dog Cognition and Behavior*. Berlin : Springer Berlin Heidelberg. pp. 79-100. DOI : 10,1007/978-3-642-53994-7\_4.

Huber, L., Range, F., Voelkl, B., Szucsich, A., Virányi, Z., & Miklosi, A. (2009). The evolution of imitation : What do the capacities of non-human animals tell us about the mechanisms of imitation? *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*. 364(1528). pp. 2299-2309. DOI : 10,1098/rstb.2009.0060.

Jiang, J., Chen, C., Dai, B., Shi, G., Ding, G., Liu, L., & Lu, C. (2015). Leader emergence through interpersonal neural synchronization. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 112(14). pp. 4274-4279. DOI : 10,1073/pnas.1422930112.

Kaminski, J., & Nitzschner, M. (2013). Do dogs get the point? A review of dog–human communication ability. *Learning and Motivation*. 44(4). pp. 294-302. DOI : 10,1016/j.lmot.2013.05.001.

Kaminski, J., Schulz, L., & Tomasello, M. (2012). How dogs know when communication is intended for them. *Developmental Science*. 15(2). pp. 222-232. DOI : 10,1111/j.1467-7687.2011.01120.x.

Katayama, M., Kubo, T., Yamakawa, T., Fujiwara, K., Nomoto, K., Ikeda, K., Mogi, K., Nagasawa, M., & Kikusui, T. (2019). Emotional Contagion From Humans to Dogs Is Facilitated by Duration of Ownership. *Frontiers in Psychology*. 10. pp. 1678. DOI : 10,3389/fpsyg.2019.01678.

Kerepesi, A., Jonsson, G. K., Miklósi, Á., Topál, J., Csányi, V., & Magnusson, M. S. (2005). Detection of temporal patterns in dog–human interaction. *Behavioural Processes*. 70(1). pp. 69-79. DOI : 10,1016/j.beproc.2005.04.006.

Klein, F., Gendner, J. P., Storms, D., Hamann, J. L., Saïd, S., Michallet, J., & Pfaff, E. (2006). Le GPS et l'étude des ongulés sauvages. *Faune Sauvage*. 272. pp. 31-38. Disponible à l'adresse : [https://professionnels.ofb.fr/sites/default/files/pdf/RevueFS/FauneSauvage272\\_2006\\_Art4.pdf](https://professionnels.ofb.fr/sites/default/files/pdf/RevueFS/FauneSauvage272_2006_Art4.pdf).

Kubinyi, E., Pongrácz, P., & Miklósi, Á. (2009). Dog as a model for studying conspecific and heterospecific social learning. *Journal of Veterinary Behavior*. 4(1). pp. 31-41. DOI : 10,1016/j.jveb.2008.08.009.

Lahaye, R., & Ladet, S. (2014). Les principes du positionnement par satellite : GNSS. *Le Cahier des Techniques de l'INRA*. hal-01131081. pp. 9-18. ISSN :0762-7339.

Lakin, J. L., Chartrand, T. L., & Arkin, R. M. (2008). I Am Too Just Like You : Nonconscious Mimicry as an Automatic Behavioral Response to Social Exclusion. *Psychological Science*. 19(8). pp. 816-822. DOI : 10,1111/j.1467-9280,2008.02162.x.

Launay, J., Tarr, B., & Dunbar, R. I. M. (2016). Synchrony as an Adaptive Mechanism for Large-Scale Human Social Bonding. *Ethology*. 122(10). pp. 779-789. DOI : 10,1111/eth.12528.

Lord, K., Schneider, R. A., & Coppinger, R. (2016). Evolution of working dogs. In *The domestic dog: its evolution, behavior and interactions with people*. Cambridge : Cambridge University Press. pp. 42-66. ISBN : 9781139161800.

Louwerse, M. M., Dale, R., Bard, E. G., & Jeuniaux, P. (2012). Behavior Matching in Multimodal Communication Is Synchronized. *Cognitive Science*. 36(8). pp. 1404-1426. DOI : 10,1111/j.1551-6709.2012.01269.x.

- Macrae, C. N., Duffy, O. K., Miles, L. K., & Lawrence, J. (2008). A case of hand waving : Action synchrony and person perception. *Cognition*. 109(1). pp. 152-156. DOI : 10,1016/j.cognition.2008.07.007.
- Madsen, E. A., & Persson, T. (2013). Contagious yawning in domestic dog puppies (*Canis lupus familiaris*) : The effect of ontogeny and emotional closeness on low-level imitation in dogs. *Animal Cognition*. 16(2). pp. 233-240. DOI : 10,1007/s10071-012-0568-9.
- Marshall-Pescini, S., & Kaminski, J. (2014). The Social Dog : history and evolution. In *The Social Dog*. London : Edition Academic Press. pp. 3-33. DOI : 10,1016/B978-0-12-407818-5.00001-2.
- Massen, J. J. M., & Gallup, A. C. (2017). Why contagious yawning does not (yet) equate to empathy. *Neuroscience & Biobehavioral Review*. 80. pp. 573-585. DOI : 10,1016/j.neubiorev.2017.07.006.
- McKinley, J., & Sambrook, T. D. (2000). Use of human-given cues by domestic dogs (*Canis familiaris*) and horses (*Equus caballus*). *Animal Cognition*. 3(1). pp. 13-22. DOI : 10,1007/s100710050046.
- Merola, I., Prato-Previde, E., & Marshall-Pescini, S. (2012). Dogs' Social Referencing towards Owners and Strangers. *PLoS ONE*. 7(10). e47653. DOI : 10,1371/journal.pone.0047653.
- Miklósi, Á., Kubinyi, E., Topál, J., Gácsi, M., Virányi, Z., & Csányi, V. (2003). A Simple Reason for a Big Difference. *Current Biology*. 13(9). pp. 763-766. DOI : 10,1016/S0960-9822(03)00263-X.
- Miklósi, Á., Polgárdi, R., Topál, J., & Csányi, V. (1998). Use of experimenter-given cues in dogs. *Animal Cognition*. 1(2). pp. 113-121. DOI : 10,1007/s100710050016.
- Miklósi, A., Polgárdi, R., Topál, J., & Csányi, V. (2000). Intentional behaviour in dog-human communication : An experimental analysis of « showing » behaviour in the dog. *Animal Cognition*. 3(3). pp. 159-166. DOI : 10,1007/s100710000072.
- Miklósi, Á., & Soproni, K. (2006). A comparative analysis of animals' understanding of the human pointing gesture. *Animal Cognition*. 9(2). pp. 81-93. DOI : 10,1007/s10071-005-0008-1.
- Miles, L. K., Lumsden, J., Richardson, M. J., & Neil Macrae, C. (2011). Do birds of a feather move together? Group membership and behavioral synchrony. *Experimental Brain Research*. 211(3-4). pp. 495-503. DOI : 10,1007/s00221-011-2641-z.
- Miles, L. K., Nind, L. K., & Macrae, C. N. (2009). The rhythm of rapport : Interpersonal synchrony and social perception. *Journal of Experimental Social Psychology*. 45(3). pp. 585-589. DOI : 10,1016/j.jesp.2009.02.002.



Ministère de l'agriculture et de l'alimentation. (2019). *Les chiens de catégorie 1 et 2 dits « chiens dangereux »*. Disponible à l'adresse : <https://agriculture.gouv.fr/les-chiens-de-categorie-1-et-2-dits-chiens-dangereux>.

Ostner, J., Wilken, J., & Schülke, O. (2021). Social contagion of affiliation in female macaques. *Royal Society Open Science*. 8(1). 201538. DOI : 10,1098/rsos.201538.

Ostojić, L., & Clayton, N. S. (2014). Behavioural coordination of dogs in a cooperative problem-solving task with a conspecific and a human partner. *Animal Cognition*. 17(2). pp. 445-459. DOI : 10,1007/s10071-013-0676-1.

Osvath, M., & Sima, M. (2014). Sub-adult Ravens Synchronize their Play : A Case of Emotional Contagion? *Animal Behavior and Cognition*. 2(2). pp. 197. DOI : 10,12966/abc.05.09.2014.

Palagi, E., Nicotra, V., & Cordoni, G. (2015). Rapid mimicry and emotional contagion in domestic dogs. *Royal Society Open Science*. 2(12). 150505. DOI : 10,1098/rsos.150505.

Palagi, E., & Scopa, C. (2017). Integrating Tinbergen's inquiries : Mimicry and play in humans and other social mammals. *Learning & Behavior*, 45(4), pp. 378-389. DOI : 10,3758/s13420-017-0278-x.

Petit, O., & Bon, R. (2010). Decision-making processes : The case of collective movements. *Behavioural Processes*. 84(3). pp. 635-647. DOI : 10,1016/j.beproc.2010,04.009.

Pirrone, F., Ripamonti, A., Garoni, E. C., Stradiotti, S., & Albertini, M. (2017). Measuring social synchrony and stress in the handler-dog dyad during animal-assisted activities : A pilot study. *Journal of Veterinary Behavior*. 21. pp. 45-52. DOI : 10,1016/j.jveb.2017.07.004.

Polansky, L., & Wittemyer, G. (2011). A framework for understanding the architecture of collective movements using pairwise analyses of animal movement data. *Journal of The Royal Society Interface*. 8(56). pp. 322-333. DOI : 10,1098/rsif.2010,0389.

Pongrácz, P., Miklósi, Á., Kubinyi, E., Gurobi, K., Topál, J., & Csányi, V. (2001). Social learning in dogs : The effect of a human demonstrator on the performance of dogs in a detour task. *Animal Behaviour*. 62(6). pp. 1109-1117. DOI : 10,1006/anbe.2001.1866.

Pongrácz, P., Miklósi, Á., Kubinyi, E., Topál, J., & Csányi, V. (2003). Interaction between individual experience and social learning in dogs. *Animal Behaviour*. 65(3). pp. 595-603. DOI : 10,1006/anbe.2003.2079.

- Pongrácz, P., Miklósi, Á., Timár-Geng, K., & Csányi, V. (2004). Verbal Attention Getting as a Key Factor in Social Learning Between Dog (*Canis familiaris*) and Human. *Journal of Comparative Psychology*. 118(4). pp. 375-383. DOI : 10,1037/0735-7036.118.4.375.
- Range, F., Huber, L., & Heyes, C. (2011). Automatic imitation in dogs. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*. 278(1703). pp. 211-217. DOI : 10,1098/rspb.2010,1142.
- Range, F., Viranyi, Z., & Huber, L. (2007). Selective Imitation in Domestic Dogs. *Current Biology*. 17(10). pp. 868-872. DOI : 10,1016/j.cub.2007.04.026.
- Repp, B. H., & Su, Y.-H. (2013). Sensorimotor synchronization : A review of recent research (2006–2012). *Psychonomic Bulletin & Review*. 20(3). pp. 403-452. DOI : 10,3758/s13423-012-0371-2.
- Scott, J. P., & McCray, C. (1967). Allelomimetic behavior in dogs : Negative effects of competition on social facilitation. *Journal of Comparative and Physiological Psychology*. 63(2). pp. 316-319. DOI : 10,1037/h0024390.
- Silva, K., Bessa, J., & de Sousa, L. (2012). Auditory contagious yawning in domestic dogs (*Canis familiaris*) : First evidence for social modulation. *Animal Cognition*. 15(4). pp. 721-724. DOI : 10,1007/s10071-012-0473-2.
- Skippins A. (2017). Antenna System Composed of T-shaped Elements Coupled to Open Radial Waveguide. These d'ingénieur de recherche. Swansea : Swansea University. Disponible à l'adresse : [https://www.researchgate.net/profile/Andy-Skippins/publication/321769941\\_Beam\\_Steerable\\_Antenna\\_with\\_16\\_Parasitic\\_T-Elements/links/5a3121080f7e9bf8992c53c0/Beam-Steerable-Antenna-with-16-Parasitic-T-Elements.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Andy-Skippins/publication/321769941_Beam_Steerable_Antenna_with_16_Parasitic_T-Elements/links/5a3121080f7e9bf8992c53c0/Beam-Steerable-Antenna-with-16-Parasitic-T-Elements.pdf).
- Soproni, K., Miklósi, A., Topál, J., & Csányi, V. (2001). Comprehension of human communicative signs in pet dogs (*Canis familiaris*). *Journal of Comparative Psychology*. 115(2). pp. 122-126. DOI : 10,1037/0735-7036.115.2.122.
- Staddon, J. E., & Cerutti, D. T. (2003). Operant conditioning. *Annual review of psychology*. 54(1). pp. 115-144. DOI : 10,1146/annurev.psych.54.101601.145124
- Téglás, E., Gergely, A., Kupán, K., Miklósi, Á., & Topál, J. (2012). Dogs' Gaze Following Is Tuned to Human Communicative Signals. *Current Biology*. 22(3). pp. 209-212. DOI : 10,1016/j.cub.2011.12.018.
- Thorndike, E. L. (1898). Animal intelligence : An experimental study of the associative processes in animals. *The Psychological Review: Monograph Supplements*. 2(4). i-109. DOI : 10,1037/h0092987.

Tomkiewicz, S. M., Fuller, M. R., Kie, J. G., & Bates, K. K. (2010). Global positioning system and associated technologies in animal behaviour and ecological research. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*. 365(1550). pp. 2163-2176. DOI : 10,1098/rstb.2010,0090.

Topál, J., Byrne, R. W., Miklósi, Á., & Csányi, V. (2006). Reproducing human actions and action sequences : "Do as I Do!" in a dog. *Animal Cognition*. 9(4). pp. 355-367. DOI : 10,1007/s10071-006-0051-6.

Topál, J., Gergely, G., Erdohegyi, A., Csibra, G., & Miklosi, A. (2009). Differential Sensitivity to Human Communication in Dogs, Wolves, and Human Infants. *Science*. 325(5945). pp. 1269-1272. DOI : 10,1126/science.1176960.

Virányi, Z., Gácsi, M., Kubinyi, E., Topál, J., Belényi, B., Ujfalussy, D., & Miklósi, Á. (2008). Comprehension of human pointing gestures in young human-reared wolves (*Canis lupus*) and dogs (*Canis familiaris*). *Animal Cognition*. 11(3). pp. 373-387. DOI : 10,1007/s10071-007-0127-y.

Virányi, Z., Topál, J., Gácsi, M., Miklósi, Á., & Csányi, V. (2004). Dogs respond appropriately to cues of humans' attentional focus. *Behavioural Processes*. 66(2). pp. 161-172. DOI : 10,1016/j.beproc.2004.01.012.

Virányi, Zs., Topál, J., Miklósi, Á., & Csányi, V. (2006). A nonverbal test of knowledge attribution : A comparative study on dogs and children. *Animal Cognition*. 9(1). pp. 13-26. DOI : 10,1007/s10071-005-0257-z.

Vogel Jr., H. H., Scott, J. P., & Vesta, M.-Vesta. (1950). Social Facilitation and Allelomimetic Behavior in Dogs : I. Social Facilitation in a Non-Competitive Situation. *Behaviour*. 2(3). pp. 121-134. DOI : 10,1163/156853950X00053.

Wanser, S. H., MacDonald, M., & Udell, M. A. R. (2021). Dog-human behavioral synchronization : Family dogs synchronize their behavior with child family members. *Animal Cognition*. 24(4). pp. 747-752. DOI : 10,1007/s10071-020-01454-4.

Wheatley, T., Kang, O., Parkinson, C., & Looser, C. E. (2012). From Mind Perception to Mental Connection : Synchrony as a Mechanism for Social Understanding: Mind Perception and Mental Connection. *Social and Personality Psychology Compass*. 6(8). pp. 589-606. DOI : 10,1111/j.1751-9004.2012.00450.x.

Wobber, V., Hare, B., Koler-Matznick, J., Wrangham, R., & Tomasello, M. (2009). Breed differences in domestic dogs' (*Canis familiaris*) comprehension of human communicative signals. *Interaction Studies. Social Behaviour and Communication in Biological and Artificial Systems*. 10(2). pp. 206-224. DOI : 10,1075/is.10,2.06wob.

Zajonc, R. B. (1965). Social Facilitation. *Science*. 149(3681). pp. 269-274. DOI : 10,1126/science.149.3681.269

Zitterbart, D. P., Wienecke, B., Butler, J. P., & Fabry, B. (2011). Coordinated Movements Prevent Jamming in an Emperor Penguin Huddle. *PLoS ONE*. 6(6). e20260. DOI : 10,1371/journal.pone.0020260.

Zivotofsky, A. Z., & Hausdorff, J. M. (2007). The sensory feedback mechanisms enabling couples to walk synchronously : An initial investigation. *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation*. 4(1). pp. 28. DOI : 10,1186/1743-0003-4-28.

## ANNEXES

### Annexe 1 – Formulaire de consentement éclairé.

#### A. Formulaire destiné aux propriétaires.



LABORATOIRE DE  
NEUROSCIENCES  
COGNITIVES



école  
nationale  
vétérinaire  
toulouse



UNIVERSITÉ  
TOULOUSE III  
PAUL SABATIER



### FORMULAIRE DE CONSENTEMENT ECLAIRE

Je soussigné(e) ....., propriétaire du chien  
..... consens à ce que soient effectuées sur lui/elle les  
observations qui m'ont été présentées et déclare avoir pris connaissance des informations  
suivantes :

- Ma participation à l'étude n'est pas obligatoire, et je peux me rétracter à tout moment.
- Les manipulations réalisées pendant l'étude m'ont été clairement expliquées. Les données enregistrées seront rendues anonymes et feront l'objet d'une analyse statistique.
- Les observations seront filmées dans l'unique but de visionner le comportement du chien en vue d'une analyse statistique. Aucune image ne sera diffusée ni utilisée à des fins commerciales.
- Les données récoltées resteront strictement confidentielles, et aucune information personnelle ne sera diffusée.
- J'ai la possibilité de demander à tout moment un complément d'information.

Date :

Signature du participant :

Signature de l'expérimentateur :

*Précédée de la mention « lu et approuvé »*

*Précédée de la mention « lu et approuvé »*

B. Formulaire destiné aux personnes familières (condition groupe familial).



## FORMULAIRE DE CONSENTEMENT ECLAIRE

Je soussigné(e) ..... consens à ce que soient effectuées les observations qui m'ont été présentées et déclare avoir pris connaissance des informations suivantes :

- Ma participation à l'étude n'est pas obligatoire, et je peux me rétracter à tout moment.
- Les manipulations réalisées pendant l'étude m'ont été clairement expliquées. Les données enregistrées seront rendues anonymes et feront l'objet d'une analyse statistique.
- Les observations seront filmées dans l'unique but de visionner le comportement du chien en vue d'une analyse statistique. Aucune image ne sera diffusée ni utilisée à des fins commerciales.
- Les données récoltées resteront strictement confidentielles, et aucune information personnelle ne sera diffusée.
- J'ai la possibilité de demander à tout moment un complément d'information.

Date :

Signature du participant :

*Précédée de la mention « lu et approuvé »*

Signature de l'expérimentateur :

*Précédée de la mention « lu et approuvé »*

Annexe 2 – Affiche de proposition de participation à l'étude expérimentale, diffusée sur les réseaux sociaux et affichée dans plusieurs endroits autour du lieu de test.



## RECHERCHE DE PARTICIPANTS

### ÉTUDE DE LA MARCHÉ DU CHIEN SANS LAISSE - 30 MIN

---

#### CONTACT

 [angelique.lamontagne\\_16@envt.fr](mailto:angelique.lamontagne_16@envt.fr)  06 04 43 06 29

---

Nous recherchons des volontaires dans le cadre d'une étude lancée par le Laboratoire de Psychologie Cognitive et le laboratoire de Neurosciences Cognitives, et qui porte sur la marche du chien sans laisse. L'objectif est de comprendre les mécanismes cognitifs qui sous-tendent les comportements des chiens dans leur environnement lors des balades. En participant à notre étude, il y aura un petit cadeau à la clé pour votre compagnon à quatre pattes !

#### PROCEDURE :

Le chien sera observé lors d'une courte balade avec son propriétaire (participant du groupe 1) ou avec son propriétaire entouré de 2 personnes familières (participant du groupe 2). Bien entendu, aucune contrainte physique ne sera exercée, et aucune mesure invasive ne sera effectuée. La séance sera filmée.

#### QUI PEUT PARTICIPER ?

Tout propriétaire de chien âgé d'au moins 1 an et en bonne santé. Nous recherchons des chiens de berger (groupe 1) et molossoïdes (section 1 du groupe 2). Le chien doit avoir l'habitude d'être promené en longe ou sans laisse, et doit être capable de porter un harnais, sur lequel sera fixé un petit GPS qui sera retiré à la fin de la séance.

#### DURÉE ET CONDITION DE LA PARTICIPATION :

L'observation durera 30 minutes. Selon le groupe d'étude, le propriétaire devra venir seul avec son chien ou accompagné de 2 autres membres du foyer ou très familiers (ex : conjoint, parent...).

#### LIEU :

Chemin des Capelles - Toulouse 31300, entre l'école vétérinaire et le terrain d'agility.

## Annexe 3 - Répartition aléatoire des conditions expérimentales.

### A. Code source écrit en langage Python.

```
01| import pandas as pd
02| import numpy as np
03| import random as rd
04|
05| ## Répartition aléatoire du facteur nombre de personnes (Propriétaire seul et Groupe familial)
06| experimental_condition=pd.DataFrame(data={'Number of humans:
np.tile(['Owner alone','Familiar group'],15)})
07| experimental_condition =
experimental_condition.sample(frac=1).reset_index(drop=True)
08|
09| ## Répartition aléatoire de l'ordre des 3 rythmes de marche des humains (statique, marche lente, marche rapide)
10| speeds=pd.DataFrame(data={' Speed 1': np.tile(['Static'],30), ' Speed 2':
np.tile(['Slow walk'],30), 'Speed 3': np.tile(['Fast walk'],30)})
11| for i in range(len(speeds)):
12|     rd.shuffle(speeds.loc[i])
13|
14| ## Création et export du tableau final
15| participants = pd.concat([experimental_condition,speeds], axis=1)
16| participants.index = np.arange (1,len(participants)+1)
17| participants.index.name = 'Participant ID'
18|
19| participants.to_csv('C:/Users/News/Desktop/ENVT/Master 2/Thèse/
randomized_conditions.csv', sep=';')
```



B. Tableau obtenu pour la répartition aléatoire des conditions expérimentales pour les chiens de berger.

Numéro du participant	Nombre de personnes	Ordre des rythmes de marche		
B1	Propriétaire seul	Statique	Marche lente	Marche rapide
B2	Propriétaire seul	Statique	Marche lente	Marche rapide
B3	Propriétaire seul	Marche lente	Marche rapide	Statique
B4	Propriétaire seul	Marche lente	Marche rapide	Statique
B5	Propriétaire seul	Marche rapide	Statique	Marche lente
B6	Propriétaire seul	Marche lente	Statique	Marche rapide
B7	Groupe familial	Marche lente	Statique	Marche rapide
B8	Propriétaire seul	Marche rapide	Statique	Marche lente
B9	Propriétaire seul	Statique	Marche lente	Marche rapide
B10	Groupe familial	Marche lente	Marche rapide	Statique
B11	Groupe familial	Marche lente	Marche rapide	Statique
B12	Groupe familial	Statique	Marche lente	Marche rapide
B13	Groupe familial	Marche lente	Marche rapide	Statique
B14	Groupe familial	Statique	Marche rapide	Marche lente
B15	Propriétaire seul	Statique	Marche lente	Marche rapide
B16	Groupe familial	Statique	Marche rapide	Marche lente
B17	Groupe familial	Statique	Marche lente	Marche rapide

B18	Propriétaire seul	Marche rapide	Marche lente	Statique
B19	Propriétaire seul	Marche rapide	Statique	Marche lente
B20	Propriétaire seul	Statique	Marche rapide	Marche lente
B21	Groupe familial	Marche rapide	Marche lente	Statique
B22	Groupe familial	Statique	Marche lente	Marche rapide
B23	Groupe familial	Statique	Marche lente	Marche rapide
B24	Propriétaire seul	Marche rapide	Marche lente	Statique
B25	Groupe familial	Marche rapide	Marche lente	Statique
B26	Propriétaire seul	Statique	Marche lente	Marche rapide
B27	Groupe familial	Marche rapide	Statique	Marche lente
B28	Groupe familial	Statique	Marche rapide	Marche lente
B29	Groupe familial	Marche rapide	Statique	Marche lente
B30	Propriétaire seul	Statique	Marche rapide	Marche lente

C. Tableau obtenu pour la répartition aléatoire des conditions expérimentales pour les chiens molossoïdes.

Numéro du participant	Nombre de personnes	Ordre des rythmes de marche		
		Marche lente	Marche rapide	Statique
M1	Propriétaire seul	Marche lente	Marche rapide	Statique
M2	Propriétaire seul	Marche rapide	Statique	Marche lente
M3	Groupe familial	Marche lente	Statique	Marche rapide
M4	Propriétaire seul	Marche rapide	Marche lente	Statique
M5	Propriétaire seul	Statique	Marche lente	Marche rapide
M6	Propriétaire seul	Statique	Marche rapide	Marche lente
M7	Propriétaire seul	Marche lente	Statique	Marche rapide
M8	Groupe familial	Statique	Marche lente	Marche rapide
M9	Groupe familial	Statique	Marche rapide	Marche lente
M10	Propriétaire seul	Marche rapide	Marche lente	Statique
M11	Propriétaire seul	Marche rapide	Marche lente	Statique
M12	Propriétaire seul	Statique	Marche rapide	Marche lente
M13	Groupe familial	Marche rapide	Statique	Marche lente
M14	Groupe familial	Statique	Marche rapide	Marche lente
M15	Propriétaire seul	Statique	Marche rapide	Marche lente
M16	Groupe familial	Marche rapide	Statique	Marche lente
M17	Groupe familial	Marche lente	Statique	Marche rapide
M18	Groupe familial	Marche rapide	Statique	Marche lente

M19	Propriétaire seul	Marche lente	Statique	Marche rapide
M20	Groupe familial	Marche rapide	Statique	Marche lente
M21	Groupe familial	Marche lente	Marche rapide	Statique
M22	Propriétaire seul	Marche lente	Statique	Marche rapide
M23	Propriétaire seul	Marche lente	Statique	Marche rapide
M24	Propriétaire seul	Marche rapide	Marche lente	Statique
M25	Groupe familial	Statique	Marche lente	Marche rapide
M26	Groupe familial	Statique	Marche lente	Marche rapide
M27	Groupe familial	Marche rapide	Statique	Marche lente
M28	Groupe familial	Marche lente	Marche rapide	Statique
M29	Groupe familial	Marche rapide	Statique	Marche lente
M30	Propriétaire seul	Marche lente	Statique	Marche rapide

## Annexe 4 - Traitement des données GPS.

```
001| import pandas as pd
002| import numpy as np
003| import matplotlib.pyplot as plt
004| import os
005| import csv
006|
007| ## Préparation du traitement des données
008|
009| # Importation des données issues des GPS
010| filepath = "C:/Users/News/Desktop/ENVT/Master 2/Stage/Thèse/Bergers/Berger
1/Berger1date_XYRefDepartModele_vitesses_distance.txt"
011| variables = pd.read_table(filepath, sep=";", decimal=".", header = 0, names =
['time', 'x_model', 'y_model', 'x_subject', 'y_subject', 'model_speed', 'subject_speed', 'distance'])
012|
013| frequency=4
014| variables['time'] = variables.index * (1./frequency)
015|
016| filename = os.path.splitext(os.path.basename(filepath))[0]
017| folderpath = os.path.dirname(filepath)
018| foldername = os.path.basename(os.path.normpath(folderpath))
019| breed = foldername.split(' ')[0]
020| ID = int(foldername.split(' ')[1])
021|
022|
023| # Reconnaissance de l'ordre des rythmes de marche des humains
024| experimental_condition = pd.read_table("C:/Users/News/Desktop/ENVT/Master
2/Stage/Thèse/Bergers/randomized_conditions_shepherds.csv", sep=';', header = 0, names = ['Participant ID', 'Number of
humans', 'Speed 1', 'Speed 2', 'Speed 3'])
025| participant=experimental_condition.iloc[[ID-1]]
026| variables['speed_condition']=" "
027| variables.speed_condition.loc[0:15*frequency-1]=list(participant['Speed 1'])[0]
028| variables.speed_condition.loc[15*frequency:
30*frequency-1]=list(participant['Speed 2'])[0]
029| variables.speed_condition.loc[30*frequency:45*frequency-1]=list(participant['Speed 3'])[0]
030|
031|
032| ## Représentation graphique de la trajectoire du chien et de celle du propriétaire
033| trajectories=plt.figure(1)
034| plt.plot(variables['x_subject'],variables['y_subject'], 'r',label='subject')
035| plt.plot(variables['x_model'],variables['y_model'],'b', label='model')
036| trajectories.suptitle('trajectories')
037| plt.xlabel('meter')
038| plt.ylabel('meter')
039| plt.grid()
040| plt.legend()
041|
042|
043| ## Synchronisation de localisation
044|
045| # Calcul de la distance entre le chien et le propriétaire
046| deltax=variables['x_subject']-variables['x_model']
047| deltay=variables['y_subject']-variables['y_model']
048| variables['distance']=np.sqrt(deltax**2+deltay**2)
049|
050| # Représentation graphique des distances en fonction du temps
051| distances=plt.figure(2)
052| plt.plot(variables['time'],variables['distance'])
053| distances.suptitle('distance')
054| plt.xlabel('time in s')
055| plt.ylabel('distance in meter')
```

```

056| plt.grid()
057|
058| # Calcul de la distance moyenne pour chaque rythme de marche
059| mean_distance_cond1 = variables[0:(15*frequency)][ 'distance'].mean()
060| mean_distance_cond2 = variables[(15*frequency):(30*frequency)] [ 'distance'].mean()
061| mean_distance_cond3 = variables[(30*frequency):(45*frequency)] [ 'distance'].mean()
062|
063| # Calcul du temps passé à moins d'un mètre pour chaque rythme de marche
064| distance_threshold1=1
065| cond1_1m=((variables[0:(15*frequency)][ 'distance']<=distance_threshold1).sum())/frequency
066| cond2_1m=((variables[(15*frequency):(30*frequency)] [ 'distance']<=distance_threshold1).sum())/frequency
067| cond3_1m=((variables[(30*frequency):(45*frequency)] [ 'distance']<=distance_threshold1).sum())/frequency
068|
069|
070| ## Synchronisation d'activité
071|
072| # Calcul de la vitesse du propriétaire
073| model_speedX=(variables['x_model']-variables['x_model'].shift())
074| model_speedY=(variables['y_model']-variables['y_model'].shift())
075| variables['model_speed']=np.sqrt(model_speedX**2+model_speedY**2)*frequency
076|
077| # Calcul de la vitesse du chien
078| subject_speedX=(variables['x_subject']-variables['x_subject'].shift())
079| subject_speedY=(variables['y_subject']-variables['y_subject'].shift())
080|
variables['subject_speed']=np.sqrt(subject_speedX**2+subject_speedY**2)*frequency
081|
082| # Représentation graphique de la vitesse du chien et de la vitesse du propriétaire
083| speeds=plt.figure(3)
084| plt.plot(variables['time'],variables['subject_speed'], 'r',label='subject')
085| plt.plot(variables['time'],variables['model_speed'],'b', label='model')
086| speeds.suptitle('speeds')
087| plt.xlabel('time in s')
088| plt.ylabel('speed in meter/s')
089| plt.grid()
090| plt.legend()
091|
092| # Calcul de la vitesse moyenne du propriétaire pour chaque rythme de marche
093| mean_model_1 = variables[0:(15*frequency)][ 'model_speed'].mean()
094| mean_model_2 = variables[(15*frequency):(30*frequency)][ 'model_speed'].mean()
095| mean_model_3 = variables[(30*frequency):(45*frequency)][ 'model_speed'].mean()
096|
097|
098| # Calcul de la vitesse moyenne du chien pour chaque rythme de marche
099| mean_subject_1 = variables[0:(15*frequency)][ 'subject_speed'].mean()
100| mean_subject_2 = variables[(15*frequency):(30*frequency)] [ 'subject_speed'].mean()
101| mean_subject_3 = variables[(30*frequency):(45*frequency)] [ 'subject_speed'].mean()
102|
103|
104| ## Export des figures et du tableau de données traitées
105|
106| trajectories.savefig(folderpath + '/Figure_1 ' + foldername + '.png')
107| distances.savefig(folderpath + '/Figure_2 ' + foldername + '.png')
108| speeds.savefig(folderpath + '/Figure_3 ' + foldername + '.png')
109| variables.to_csv(folderpath + '/variables ' + foldername + '.csv', sep=';')
110|
111| ## Export des valeurs correspondant à chacune des variables analysées
112|
113| # Variables de synchronisation de localisation
114|
loc_synch=[foldername,breed,variables.loc[0,'speed_condition'],variables.loc[60,'speed_condition'],variables.loc[120,'spee
d_condition'],mean_distance_cond1,mean_distance_cond2,mean_distance_cond3,cond1_1m,cond2_1m,cond3_1m]
115|

```

```
116| new_line_loc="\n"
117| for object in loc_synch:
118| new_line_loc+=str(object)+";"
119| new_line_loc=new_line_loc[:-1]
120|
121| with open('C:/Users/News/Desktop/ENVT/Master 2/Stage/Thèse/localization_synchrony.csv','a') as file :
122| file.write(new_line_loc)
123|
124| # Variables de synchronisation d'activité
125|
act_synch=[foldername,breed,variables.loc[0,'speed_condition'],variables.loc[60,'speed_condition'],variables.loc[120,'spee
d_condition'],mean_subject_1,mean_subject_2,mean_subject_3,mean_model_1,mean_model_2,mean_model_3]
126|
127| new_line_act="\n"
128| for object in act_synch:
129| new_line_act+=str(object)+";"
130| new_line_act=new_line_act[:-1]
131|
132| with open('C:/Users/News/Desktop/ENVT/Master 2/Stage/Thèse/activity_synchrony.csv','a') as file :
133| file.write(new_line_act)
```

Annexe 5 – Caractéristiques démographiques de l'échantillon.

ID	Type de race	Nombre d humains	Date de naissance	Sexe	Niveau éducation	Familier lieu test	Âge P	Sexe P	Âge F1	Sexe F1	Âge F2	Sexe F2
B1	berger	propriétaire seul	07/11/2019	F	ordres de base	oui	25	F	/	/	/	/
B2	berger	propriétaire seul	07/03/2019	M	obéissance	oui	25	H	/	/	/	/
B3	berger	propriétaire seul	15/12/2016	F	agility haut niveau	oui	69	F	/	/	/	/
B4	berger	propriétaire seul	20/05/2015	M	agility haut niveau	oui	65	F	/	/	/	/
B5	berger	propriétaire seul	01/02/2018	M	obéissance	non	64	H	/	/	/	/
B6	berger	propriétaire seul	12/02/2015	F	ordres de base	non	34	F	/	/	/	/
B7	berger	groupe familial	04/04/2018	F	ordres de base	non	28	F	28	F	27	F
B8	berger	propriétaire seul	19/09/2018	F	obéissance	oui	46	F	/	/	/	/
B9	berger	propriétaire seul	01/01/2015	M	obéissance	oui	25	H	/	/	/	/
B10	berger	groupe familial	01/09/2017	F	agility haut niveau	oui	38	F	39	H	39	F
B11	berger	groupe familial	07/10/2017	F	agility haut niveau	non	39	H	38	F	39	F
B12	berger	groupe familial	14/09/2019	F	agility haut niveau	oui	43	F	18	H	42	F

Avec sexe = sexe du chien (F = femelle, M= mâle) ; âge P et sexe P = âge (en années) et sexe du propriétaire respectivement (F= femme, H= homme) ; âge F1 et sexe F1 = respectivement âge (en années) et sexe de la première personne familière (F= femme, H= homme), âge F2 et sexe F2 = respectivement âge (en années) et sexe de la deuxième personne familière (F= femme, H= homme).



ID	Type de race	Nombre d humains	Date de naissance	Sexe	Niveau éducation	Familier lieu test	Âge P	Sexe P	Âge F1	Sexe F1	Âge F2	Sexe F2
B13	berger	groupe familial	18/02/2019	M	agility haut niveau	oui	42	F	43	F	18	H
B14	berger	groupe familial	01/01/2013	M	ordres de base	non	53	H	44	F	43	F
B15	berger	propriétaire seul	12/05/2019	M	obéissance	non	35	F	/	/	/	/
B16	berger	groupe familial	01/05/2018	M	obéissance	non	45	F	20	F	31	F
B17	berger	groupe familial	01/06/2017	F	obéissance et agility	oui	24	F	27	H	24	F
B18	berger	propriétaire seul	01/02/2016	M	rassemblement troupeau	oui	45	F	/	/	/	/
B19	berger	propriétaire seul	01/02/2019	F	rassemblement troupeau	oui	45	F	/	/	/	/
B20	berger	propriétaire seul	27/01/2019	F	obéissance	non	28	H	/	/	/	/
B21	berger	groupe familial	02/09/2016	F	ordres de base	non	49	H	45	F	18	F
B22	berger	groupe familial	05/03/2015	F	obéissance	non	44	F	45	H	36	F
B23	berger	groupe familial	01/01/2013	F	ordres de base	oui	30	F	24	H	27	H
B24	berger	propriétaire seul	05/09/2018	M	obéissance	non	24	H	/	/	/	/

Avec sexe = sexe du chien (F = femelle, M= mâle) ; âge P et sexe P = âge (en années) et sexe du propriétaire respectivement (F= femme, H= homme) ; âge F1 et sexe F1 = respectivement âge (en années) et sexe de la première personne familière (F= femme, H= homme), âge F2 et sexe F2 = respectivement âge (en années) et sexe de la deuxième personne familière (F= femme, H= homme).

ID	Type de race	Nombre d humains	Date de naissance	Sexe	Niveau éducation	Familier lieu test	Âge P	Sexe P	Âge F1	Sexe F1	Âge F2	Sexe F2
B25	berger	groupe familial	03/03/2020	M	obéissance haut niveau	non	31	F		F		F
B26	berger	propriétaire seul	28/12/2019	M	ordres de base	non	30	F	/	/	/	/
B27	berger	groupe familial	09/04/2019	M	obéissance	non	22	F	24	H	28	F
B28	berger	groupe familial	17/08/2019	M	obéissance et agility haut niveau	oui	25	F	22	F	28	F
B29	berger	groupe familial	04/02/2019	M	ordres de base	non	23	F	25	H	21	F
B30	berger	propriétaire seul	22/03/2020	F	ordres de base	non	23	H	/	/	/	/
M1	molossoïde	propriétaire seul	08/08/2017	F	obéissance et agility haut niveau	oui	20	F	/	/	/	/
M2	molossoïde	propriétaire seul	07/07/2019	F	obéissance et agility haut niveau	oui	20	F	/	/	/	/
M3	molossoïde	groupe familial	20/08/2015	F	ordres de base	non	46	H	18	H	21	H
M4	molossoïde	propriétaire seul	25/05/2019	F	ordres de base	non	52	H	/	/	/	/
M5	molossoïde	propriétaire seul	01/08/2019	F	ordres de base	oui	29	F	/	/	/	/
M6	molossoïde	propriétaire seul	30/08/2016	M	ordres de base	non	37	F	/	/	/	/

Avec sexe = sexe du chien (F = femelle, M = mâle) ; âge P et sexe P = âge (en années) et sexe du propriétaire respectivement (F = femme, H = homme) ; âge F1 et sexe F1 = respectivement âge (en années) et sexe de la première personne familière (F = femme, H = homme), âge F2 et sexe F2 = respectivement âge (en années) et sexe de la deuxième personne familière (F = femme, H = homme).

ID	Type de race	Nombre d humains	Date de naissance	Sexe	Niveau éducation	Familier lieu test	Âge P	Sexe P	Âge F1	Sexe F1	Âge F2	Sexe F2
M7	molossoïde	propriétaire seul	23/02/2019	F	ordres de base	non	37	F	/	/	/	/
M8	molossoïde	groupe familial	20/05/2018	F	ordres de base	non	49	F	25	F	18	F
M9	molossoïde	groupe familial	12/08/2014	F	ordres de base	non	52	F	18	H	19	H
M10	molossoïde	propriétaire seul	29/04/2020	F	ordres de base	non	50	F	/	/	/	/
M11	molossoïde	propriétaire seul	06/07/2019	F	ordres de base	non	40	F	/	/	/	/
M12	molossoïde	propriétaire seul	06/07/2019	M	ordres de base	non	40	F	/	/	/	/
M13	molossoïde	groupe familial	05/11/2018	F	ordres de base	non	36	F	38	H	23	F
M14	molossoïde	groupe familial	08/12/2017	F	obéissance	non	23	F	23	H	22	F
M15	molossoïde	propriétaire seul	19/04/2017	F	ordres de base	non	28	F	/	/	/	/
M16	molossoïde	groupe familial	06/04/2016	F	ordres de base	non	50	H	50	F	24	F
M17	molossoïde	groupe familial	07/09/2019	F	ordres de base	non	46	F	52	H	23	F
M18	molossoïde	groupe familial	09/09/2012	M	obéissance et agility haut niveau	non	30	F	30	H	23	F

Avec sexe = sexe du chien (F = femelle, M= mâle) ; âge P et sexe P = âge (en années) et sexe du propriétaire respectivement (F= femme, H= homme) ; âge F1 et sexe F1 = respectivement âge (en années) et sexe de la première personne familière (F= femme, H= homme), âge F2 et sexe F2 = respectivement âge (en années) et sexe de la deuxième personne familière (F= femme, H= homme).

ID	Type de race	Nombre d humains	Date de naissance	Sexe	Niveau éducation	Familier lieu test	Âge P	Sexe P	Âge F1	Sexe F1	Âge F2	Sexe F2
M19	molossoïde	propriétaire seul	27/05/2016	M	obéissance et agility haut niveau	oui	37	H	/	/	/	/
M20	molossoïde	groupe familial	03/02/2020	F	ordres de base	oui	25	F	25	F	23	F
M21	molossoïde	groupe familial	01/01/2019	F	ordres de base	non	28	F	23	F	25	F
M22	molossoïde	propriétaire seul	01/12/2018	F	obéissance	oui	52	H	/	/	/	/
M23	molossoïde	propriétaire seul	01/09/2019	M	ordres de base	non	65	H	/	/	/	/
M24	molossoïde	propriétaire seul	06/06/2017	M	ordres de base	non	57	H	/	/	/	/
M25	molossoïde	groupe familial	16/02/2020	F	ordres de base	non	28	H	28	F	23	F
M26	molossoïde	groupe familial	04/06/2018	F	obéissance et agility	non	34	F	25	F	23	F
M27	molossoïde	groupe familial	10/12/2017	F	ordres de base	non	25	F	28	H	23	F
M28	molossoïde	groupe familial	17/01/2017	F	ordres de base	non	23	F	23	H	23	H
M29	molossoïde	groupe familial	17/06/2017	F	ordres de base	non	25	F	23	F	22	H
M30	molossoïde	propriétaire seul	01/04/2019	M	obéissance	oui	52	H	/	/	/	/

Avec sexe = sexe du chien (F = femelle, M= mâle) ; âge P et sexe P = âge (en années) et sexe du propriétaire respectivement (F= femme, H= homme) ; âge F1 et sexe F1 = respectivement âge (en années) et sexe de la première personne familière (F= femme, H= homme), âge F2 et sexe F2 = respectivement âge (en années) et sexe de la deuxième personne familière (F= femme, H= homme).

Annexe 6 – Vérification de l’absence d’impact du niveau d’éducation du chien et de sa familiarité avec le lieu du test sur la synchronisation comportementale.

Variable	Covariable	Test de Wald	Degré de liberté	p-value
Distance	Niveau d’éducation	0,86	2	0,649
	Familiarité avec le lieu du test	0,02	1	0,891
Temps passé à proximité	Niveau d’éducation	2,52	2	0,284
	Familiarité avec le lieu du test	0,10	1	0,756
Vitesse du chien	Niveau d’éducation	1,67	2	0,434
	Familiarité avec le lieu du test	0,02	1	0,889
Différence de vitesse	Niveau d’éducation	1,88	2	0,391
	Familiarité avec le lieu du test	0,01	1	0,908
Latence	Niveau d’éducation	2,66	2	0,264
	Familiarité avec le lieu du test	0,38	1	0,535
Temps de regard	Niveau d’éducation	0,55	2	0,761
	Familiarité avec le lieu du test	0,16	1	0,690
Alternance de regard	Niveau d’éducation	1,20	2	0,549
	Familiarité avec le lieu du test	0,14	1	0,711

Annexe 7 – Résultats non significatifs du test *post-hoc* pour l'interaction entre les facteurs rythme de marche, type de race et nombre de personnes sur le temps passé à regarder le propriétaire.

Sous-ensembles comparés	Différence de moyenne	Erreur standard	df	t	p
Molossoïdes marche rapide – molossoïdes marche lente	1,25	0,77	112	1,64	0,578
Molossoïdes marche rapide – chiens de berger marche rapide	2,44	1,00	90,2	2,44	0,155
Molossoïdes marche rapide – chiens de berger marche lente	2,55	1,00	90,2	2,55	0,120
Molossoïdes marche rapide – chiens de berger statique	2,36	1,00	90,2	2,36	0,181
Molossoïdes marche lente – molossoïdes statique	1,52	0,77	112	1,98	0,360
Molossoïdes marche lente – chiens de berger marche rapide	1,18	1,00	90,2	1,18	0,844
Molossoïdes marche lente – chiens de berger marche lente	1,30	1,00	90,2	1,30	0,785
Molossoïdes marche lente – chiens de berger statique	1,11	1,00	90,2	1,11	0,877
Molossoïdes statique – chiens de berger marche rapide	-0,34	1,00	90,2	-0,34	0,999
Molossoïdes statique – chiens de berger marche lente	-0,22	1,00	90,2	-0,22	0,999
Molossoïdes statique – chiens de berger statique	-0,41	1,00	90,2	-0,41	0,999
Chiens de berger marche rapide – chiens de berger marche lente	0,12	0,77	112	0,15	1,000
Chiens de berger marche rapide – chiens de berger statique	-0,07	0,77	112	-0,10	1,000
Chiens de berger marche lente – chiens de berger statique	-0,19	0,77	112	-0,25	1,000
Molossoïdes marche rapide – molossoïdes marche lente	1,25	0,77	112	1,64	0,578
Groupe marche rapide – groupe marche lente	0,14	0,77	112	0,18	1,000
Groupe marche rapide – groupe statique	-0,18	0,77	112	-0,24	1,000
Groupe marche rapide – propriétaire marche rapide	-1,02	0,94	102	-1,09	0,886

Groupe marche rapide – propriétaire marche lente	0,21	0,94	102	0,23	1,000
Groupe marche rapide – propriétaire statique	1,87	0,94	102	1,99	0,353
Groupe marche lente – groupe statique	-0,32	0,77	112	-0,42	0,999
Groupe marche lente – propriétaire marche rapide	-1,15	0,94	102	-1,23	0,821
Groupe marche lente – propriétaire marche lente	0,08	0,94	102	0,09	1,000
Groupe marche lente – propriétaire statique	1,73	0,94	102	1,85	0,441
Groupe statique – propriétaire marche rapide	-0,83	0,94	102	-0,89	0,948
Groupe statique – propriétaire marche lente	0,40	0,94	102	0,42	0,998
Groupe statique – propriétaire statique	2,05	0,94	102	2,19	0,252
Propriétaire marche rapide – propriétaire marche lente	1,23	0,77	112	1,61	0,595
Propriétaire marche lente – propriétaire statique	1,65	0,77	112	2,15	0,269

**Auteur :** Angélique Lamontagne

**Titre :** Etude expérimentale de la synchronisation locomotrice du chien sur l'Homme

**Résumé :** La synchronisation comportementale peut être définie au travers de trois composantes : la synchronisation de localisation, d'activité et temporelle. Les mécanismes associés à la synchronisation ont été beaucoup étudiés au niveau intraspécifique, et connaissent un récent intérêt au niveau interspécifique, entre le chien et l'Homme. Ces deux espèces partagent un lien fort, issu d'un processus de domestication datant de plusieurs millénaires. Dans la présente étude, nous avons utilisé des GPS (Global Positioning System) pour étudier la synchronisation locomotrice du chien sur l'Homme à l'échelle d'une dyade et d'un groupe de trois personnes dans un environnement extérieur. Les résultats confirment ceux des précédentes études, le chien est proche de l'Homme et adapte sa vitesse sur celle de l'Homme et, ceci, dans un laps temporel très court. Le chien présente un degré de synchronisation très élevé, qu'il soit en présence de son propriétaire seul ou d'un groupe de trois personnes.

**Mots clés :** comportement, synchronisation, chien, cognition, interactions Homme-chien

---

**Title:** Experimental study of dog's locomotor synchronization on humans

**Summary:** Behavioural synchronization can be defined through three components: localization, activity and temporal synchronization. The mechanisms associated with synchronization have been extensively studied at the intraspecific level, and are of recent interest at the interspecific level, between dogs and humans. These two species share a strong bond, resulting from a domestication process dating back several millennia. In the present study, we used GPS (Global Positioning System) to study dog's locomotor synchronization at both dyad and group levels in an outdoor environment. The results confirm those of previous studies: dogs are close to humans and adjust their speed to that of humans within a very short period of time. The dog exhibits a very strong synchronization, whether in the presence of his/her owner alone or a group of three people.

**Keywords:** behaviour, synchronization, dog, cognition, dog-human interactions