



HAL
open science

La synchronisation comportementale du chien sur le comportement de l'humain, un pilier des interactions humain-chien.

Angélique Lamontagne, Florence Gaunet

► To cite this version:

Angélique Lamontagne, Florence Gaunet. La synchronisation comportementale du chien sur le comportement de l'humain, un pilier des interactions humain-chien.. 2023. hal-04245284

HAL Id: hal-04245284

<https://hal.science/hal-04245284v1>

Preprint submitted on 17 Oct 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.

La synchronisation comportementale du chien sur le comportement de l'humain, un pilier des interactions humain-chien

Auteurs :

Angélique Lamontagne^{1,2}, Florence Gaunet¹,

¹Laboratoire de Psychologie Cognitive (UMR 7290), Aix-Marseille Université, CNRS, Fed 3C, 3, place Victor Hugo Marseille Cedex 03, France

²Association Agir pour la Vie Animale (AVA), 76220 Cuy-Saint-Fiacre, France

Résumé :

La synchronisation comportementale se produit lorsqu'au moins deux individus proches spatialement produisent le même comportement en même temps. Ce phénomène peut facilement être observé au quotidien, lorsque plusieurs personnes marchent côte à côte dans la rue et synchronisent leur pas, par exemple. La synchronisation comportementale existe au sein de nombreuses espèces sociales, elle peut également survenir à l'échelle interspécifique. En effet, on peut l'observer entre le chien et l'humain, deux espèces sociales qui partagent depuis plusieurs dizaines de milliers d'années un lien fort et unique. Au cours de cet exposé, nous montrerons comment le chien se synchronise sur l'humain, ce phénomène étant une composante fondamentale de la médiation animale.

Le chien de compagnie, une espèce domestique enculturée

Le chien est le premier animal à avoir été domestiqué. En effet, il y a plus de 20 000 ans, l'ancêtre du chien entretenait déjà des contacts étroits avec l'ancêtre de l'humain. Cet animal opportuniste vivait près de l'humain, se nourrissant d'abord des restes de nourriture humaine, l'accompagnant ensuite dans ses expéditions de chasse (Mech & Boitani, 2003).

Le chien a initialement été domestiqué à des fins de travail, pour aider les humains dans certaines tâches telles que la chasse ou la protection du bétail. Ainsi, dès le début de la domestication, les humains et les chiens se déplaçaient ensemble pour effectuer des activités communes. Au fil des siècles, les chiens ont progressivement été sélectionnés pour diverses utilités comme la sécurité, la détection ou plus récemment, la compagnie. La domestication a de cette façon mené à la création de races basée sur des critères morphologiques et de spécialisation fonctionnelle.

Aujourd'hui, les chiens sont présents partout où les humains vivent et sont capables de s'adapter socialement et spatialement aux environnements urbains. En effet, dans de nombreuses sociétés humaines, les chiens ne sont plus seulement considérés comme des animaux de travail, mais comme des membres du foyer. Ainsi, le chien baigne dans l'environnement humain et c'est l'espèce animale qui partage le plus d'activités quotidiennes avec l'humain. Par exemple, les propriétaires se déplacent quotidiennement avec leur chien, ils les emmènent en vacances avec eux, comme en témoigne le nombre de chiens enregistrés dans les transports (Dotson & Hyatt, 2008). De plus, l'acquisition d'un chien entraîne un sentiment de responsabilité pour répondre aux besoins de dépenses énergétiques du chien. Ainsi, le fait de posséder un chien a un effet bénéfique sur la santé des propriétaires (Kinsman et al., 2022), ils servent de catalyseur pour rendre les gens plus actifs physiquement. Le développement d'aménagements environnementaux urbains, tels que les parcs pour chiens sans laisse, témoigne de l'importance de la présence du chien dans les sociétés humaines (Kinsman et al., 2022).

La particularité des compétences cognitives sociales canines

De fait, par les processus de domestication et d'enculturation, les chiens et les humains ont créé une relation forte et étroite. Les individus canins capables de s'adapter au mieux à l'environnement humain ont obtenu un avantage sélectif, ce qui a conduit à l'évolution de nouvelles compétences sociales au sein de l'espèce canine (Gaunet & Deputte, 2011 ; Gaunet & El Massioui, 2014 ; Miklósi et al., 2004 ; Virányi et al., 2004).

Les chiens sont en effet particulièrement attentifs aux signaux sociaux humains, et sont meilleurs que les autres espèces dans l'utilisation des indices de communication et plus largement, tout comportement, fournis par l'humain. Des études ont d'ailleurs montré que les performances des chiens dans l'utilisation des indices sociaux humains étaient comparables à celles des enfants de 3 ans (Lakatos et al., 2009).

Les chiens sont également capables de référenciation social, c'est-à-dire qu'en présence d'un stimulus non familier ou d'une situation nouvelle, ils recherchent les informations sociales fournies par l'humain et les utilisent pour ajuster leur propre comportement (Merola et al., 2012). Par exemple, les chiens s'approchent plus rapidement d'un objet inconnu si le propriétaire a adopté une attitude positive face à l'objet, que si le propriétaire a adopté une attitude négative envers l'objet.

De plus, les chiens sont capables de copier le comportement de leur propriétaire, même si ce comportement est non pertinent sur le plan causal. Il s'agit d'un processus appelé surimitation, que l'on pensait autrefois spécifique aux humains (Huber et al., 2018 ; McGuigan, et al., 2007). Ainsi, les capacités sociales des chiens par rapport aux comportements humains sont uniques dans le règne animal. Enfin, les comportements de communication référentielle du chien et de l'enfant de moins de 3 ans s'apparentent (Gaunet & El Massioui, 2014).

La synchronisation comportementale du chien de compagnie sur l'humain

Plus récemment, il a été montré une compétence particulière du chien : il synchronise son comportement sur celui de son propriétaire. La synchronisation comportementale survient lorsque deux ou plusieurs individus sont au même endroit et font le même comportement en même temps (Duranton & Gaunet, 2015). L'aspect temporel est fondamental dans la synchronisation comportementale. Cette compétence est présente chez les espèces sociales et peut facilement être observée, lors de déplacements en groupe d'animaux, sur terre, dans l'eau ou dans le ciel.

Les chiens, au même titre que les autres espèces sociales, présentent une synchronisation comportementale au niveau intraspécifique. En effet, les chiens entretiennent des liens sociaux forts avec leurs congénères, et se comportent de manière synchrone en maintenant une faible distance entre eux, en échangeant des regards et en prenant en compte les comportements de leurs congénères pour ajuster leurs propres comportements (Bonanni & Cafazzo, 2014 ; Scott & McCray, 1967). Ces comportements constituent la base de la vie sociale des chiens.

Non seulement les chiens ajustent leurs comportements sur ceux de leurs congénères, mais ils ajustent également leur comportement sur celui de l'humain. En effet, la synchronisation du chien sur l'humain connaît un intérêt scientifique depuis quelques années. Les études ont ainsi montré que lors des marches sans laisse, que ce soit dans un milieu extérieur ou intérieur, connu ou non du chien, ce dernier synchronise spontanément sa marche sur celle de son propriétaire (Duranton et al., 2017, 2018, 2019). Ainsi, lors des balades, le chien reste près du propriétaire, et ajuste sa vitesse en fonction de celle de son propriétaire, et lorsque son propriétaire change sa vitesse de marche, le chien adapte sa propre vitesse en 2 secondes (voir aussi Gaunet et al., 2014).

Les bases neurophysiologiques de la synchronisation comportementale

Concernant les bases neurologiques de la synchronisation comportementale, le support neuronal a d'abord été étudié chez les primates non-humains. Il y a presque 30 ans, des chercheurs ont identifié une catégorie particulière de neurones dans le cortex prémoteur des chimpanzés : les neurones miroirs (di Pellegrino et al., 1992 ; Gallese et al., 1996). La particularité de ces neurones réside dans leur activation, à la fois lorsque le sujet réalise une action, tenir une pomme par exemple, mais également lorsque le sujet observe un congénère réaliser cette action. Les études de neuroimagerie menées chez l'humain ont par la suite montré l'existence de neurones miroirs similaires à ceux présents chez les singes (Rizzolatti, 2005).

Jusqu'à présent, les neurones miroirs ont été identifiés chez les primates humains et non humains, certains rongeurs et certains oiseaux (Bonini et al., 2022). De tels neurones n'ont pas été explicitement identifiés chez le chien, néanmoins les zones cérébrales impliquées dans l'imitation et les systèmes prosociaux ont été conservées au cours de l'évolution pour de nombreuses espèces de mammifères (Ferrari & Rizzolatti, 2014). Cette conservation neurologique suggère que le mécanisme des neurones miroirs pourrait être un système cérébral élémentaire évolutif présent dans tous les cerveaux de mammifères sociaux. Il semble alors raisonnable d'émettre l'hypothèse que les chiens possèdent eux aussi des neurones miroirs.

Les neurones miroirs sont donc le support neuronal de la synchronisation comportementale. Lorsqu'un individu réalise un comportement, ses neurones moteurs liés à ce comportement sont activés. Lorsqu'un autre individu perçoit le premier en train de réaliser le comportement, il y a chez cet observateur une activation des représentations sensorielles du comportement perçu (Rauchbauer & Grosbras, 2020). S'en suit une activation des représentations motrices du comportement par l'activation des neurones miroirs. Ainsi, en

observant un comportement réalisé par un tiers, le circuit moteur lié au comportement est activé chez l'observateur, comme si lui-même réalisait le comportement. En fin de compte, les neurones moteurs sont activés à la fois chez l'individu réalisant le comportement, et chez l'individu qui l'observe, cette activation neuronale simultanée et de même phase entre au moins deux sujets est appelée résonance motrice (Uithol et al., 2011).

L'observation d'un comportement peut activer les neurones codant pour l'exécution de celui-ci, et cette activation du système moteur rend l'observateur plus susceptible de réaliser lui-même le comportement. Lorsque l'observation d'un comportement conduit à la reproduction immédiate de celui-ci par l'observateur, on parle de contagion motrice : le comportement est propagé d'un individu à l'autre (Blakemore & Frith, 2005). C'est le cas si l'observateur se met en mouvement lorsqu'il observe un tiers qui est en mouvement. La synchronisation comportementale est directement liée à la contagion motrice : lorsqu'un individu observe un comportement, ses neurones moteurs liés à celui-ci sont activés par résonance motrice, et il peut ensuite exécuter lui-même ce comportement par contagion motrice (Roberts et al., 2016). L'exécution simultanée du comportement par l'observateur et l'individu réalisant initialement le comportement peut alors conduire à la synchronisation comportementale. La contagion motrice est un mécanisme basal chez tout individu social. En revanche, il survient uniquement dans certains contextes et est inhibé la plupart du temps, dans toutes les situations où s'aligner sur le comportement de l'autre n'est pas pertinent.

Lien entre synchronisation comportementale et familiarité

La contagion motrice résulte de l'activation simultanée des neurones miroirs des individus en interaction. Néanmoins, les individus ne se synchronisent pas tout le temps ni sur n'importe qui. Il arrive que la résonance motrice soit inhibée ou interférée par d'autres activations neuronales. Dans ce cas, la contagion motrice ne peut avoir lieu ou peut être affectée. Notamment, les individus se synchronisent davantage sur les tiers avec lesquels ils sont familiers (van Baaren et al., 2009). Au niveau intraspécifique, les chiens se synchronisent davantage sur leurs congénères avec lesquels ils sont affiliés par rapport aux autres congénères (Duranton, 2020). Au niveau interspécifique, on retrouve également un lien entre le degré de familiarité et le niveau de synchronisation comportementale (Duranton & Gaunet, 2016, Duranton et al., 2019). En effet, la synchronisation comportementale du chien de refuge sur son soigneur est plus faible que celle du chien de compagnie sur son propriétaire, et le lien qui unie

le chien de refuge et son soigneur est probablement moins étroit que celui qui lie le chien de compagnie et son propriétaire.

De plus, non seulement le degré de familiarité influence le degré de synchronisation comportementale, mais la synchronisation comportementale renforce les liens sociaux. Le lien entre familiarité et synchronisation comportementale est donc bidirectionnel (van Baaren et al., 2009). En effet, les chiens de compagnie présentent une préférence sociale pour les personnes qui se synchronisent sur eux. Le degré de familiarité est donc un marqueur de la synchronisation comportementale, et la synchronisation comportementale peut être utilisée par l'humain pour créer un lien avec un chien.

Synchronisation comportementale et hormones

Les partenaires affiliés ont des comportements synchrones, et on observe également une augmentation des niveaux d'ocytocine, qui est un biomarqueur d'affiliation, chez ces partenaires. En effet, les études ont montré que le degré de synchronisation comportementale entre un chien et un humain est corrélé à leur sécrétion d'ocytocine : la sécrétion d'ocytocine renforce la synchronisation comportementale entre le chien et l'humain et les individus les plus synchronisés ont des niveaux d'ocytocine plus élevés (Nagasawa et al., 2015 ; Romero et al., 2014). L'ocytocine est donc le substrat neurohormonal du processus de synchronisation comportementale, qui favorise le lien social entre les individus.

D'autres hormones ont un effet sur la synchronisation comportementale. Les « hormones du bonheur » qui sont la sérotonine, l'endorphine et la dopamine, améliorent la synchronisation comportementale et en retour, la synchronisation active la sécrétion de ces hormones (Ulmer-Yaniv et al., 2016). De plus, les hormones du bonheur activent la sécrétion d'ocytocine, qui activent en retour la sécrétion de ces hormones.

Enfin, il existe également un lien entre la cortisolémie et le degré de synchronisation comportementale. Le cortisol est un biomarqueur de stress physiologique. Lorsque les partenaires impliqués dans une interaction sociale sont stressés, les mécanismes liés au stress sont activés chez chacun d'eux (Liu et al., 2013). De même, un changement du niveau de cortisol chez un partenaire entraîne un changement similaire chez l'autre. Ainsi, le stress d'un propriétaire peut avoir un impact sur l'état de stress de son chien, ou inversement. Une étude a d'ailleurs montré la corrélation des niveaux de cortisol entre les chiens de compagnie et leur propriétaire (Sundman et al., 2019). Un taux de cortisol élevé chez des partenaires sociaux peut

altérer la qualité de leur relation et le degré de synchronisation comportementale. Par ailleurs, la sécrétion de cortisol peut être modulée par la sécrétion d'ocytocine. En effet, la sécrétion d'ocytocine diminue la sécrétion de cortisol, ce qui a un effet direct et indirect sur le degré de synchronisation comportementale (Hegadoren et al., 2009).

Fonctions sociales de la synchronisation comportementale

La synchronisation comportementale contribue au fonctionnement social des dyades et des groupes. Elle facilite les échanges sociaux et agit comme une « glue sociale » (Duranton & Gaunet, 2015). Elle assure la cohésion en maintenant les individus proches entre eux. Le fait de se déplacer ensemble aux mêmes endroits, empêche les individus de s'isoler les uns des autres. La synchronisation comportementale peut ainsi se révéler essentielle pour certaines activités telles que la recherche de nourriture, la protection des ressources et le repos (Gautrais, 2007). Par exemple, chez les espèces sociales proies, la synchronisation comportementale augmente les défenses face aux prédateurs par effet de groupe et chaque individu a moins de chance de se faire attaquer par effet de dilution. Du côté des prédateurs, la synchronisation comportementale améliore la coopération, lors des activités de chasse par exemple. La synchronisation comportementale améliore donc la performance globale des individus et contribue à réduire la distance entre eux.

La synchronisation comportementale améliore également la communication et l'échange d'informations entre individus. Pour maintenir cette communication, au-delà de la perception du comportement de l'autre, les individus doivent être attentifs à l'autre et utiliser les signaux corporels perçus pour se synchroniser. Plus les individus sont mutuellement attentifs, plus leur synchronisation est forte (Rinott & Tractinsky, 2021). Les chiens sont sensibles à l'état attentionnel de l'humain. Ils dirigent régulièrement leur regard vers leur propriétaire et synchronisent leur comportement locomoteur avec ce dernier et sont capables de faire la différence entre une personne attentive, dont le regard est disponible pour établir un contact visuel, et une personne inattentive, qui détourne le regard et n'est pas disponible pour établir un contact visuel (Gaunet & Deputte, 2011 ; Gaunet & El Massioui, 2014). Ainsi, les chiens sont capables d'adapter leurs comportements en fonction de l'état attentionnel de l'humain.

Lorsque les agents synchronisent leur comportement, leur système attentionnel est dirigé vers l'interaction, cela améliore en retour la synchronisation comportementale. Cette

boucle rétroactive répond ainsi au principe d'optimisation dans le calcul neuronal (Shamay-Tsoory et al., 2019). Selon ce principe, le cerveau tend à conserver ses ressources et minimise ses dépenses énergétiques. Ainsi, lors d'une interaction, la réponse comportementale la moins coûteuse en énergie est choisie parmi un ensemble d'alternatives. Lorsque les individus sont attentifs les uns aux autres, partagent un objectif commun ou se sentent proches, aligner son comportement sur celui des autres minimise l'effort comportemental. Dans ce cas, la synchronisation comportementale est la réponse comportementale la moins coûteuse en énergie pour le cerveau (Koban et al., 2019).

Cette optimisation des dépenses énergétiques permet d'allouer les ressources pour d'autres fonctions sociales, telles que l'apprentissage moteur (Rizzolatti, 2005). En effet, les neurones miroirs facilitent l'apprentissage de nouvelles habiletés motrices (Rizzolatti et al., 2001). En se synchronisant sur les mouvements d'un modèle, l'apprentissage moteur est facilité. La résonance motrice permet donc l'acquisition de nouveaux comportements sociaux et facilite la transmission des habitudes culturelles et comportementales (Fuhrmann et al., 2015). Ce principe est appliqué, parfois même sans le savoir, en éducation canine, lorsque l'agent humain démontre un comportement qu'il souhaite apprendre au chien.

Une autre fonction du système des neurones miroirs est la reconnaissance des comportements, qui permet d'atteindre un but commun. Par exemple, des individus peuvent identifier le déplacement de leurs congénères vers un endroit précis telle qu'une source de nourriture, et se déplacer avec eux pour rejoindre cet emplacement (Asen & Cook, 2012). Chez l'humain, l'activation des neurones miroirs permet non seulement de reconnaître un comportement (un tiers est en train de tenir une pomme par exemple), mais également d'identifier le but du comportement (un tiers est en train de se nourrir) voire d'attribuer une intention liée à ce comportement (un tiers est en train de se nourrir pour ne plus avoir faim ensuite) (Heyes & Catmur, 2021). L'attribution d'une intention correspond à l'inférence d'un but ultérieur à l'exécution du comportement (Iacoboni et al., 2005). Cette fonction sociale des neurones miroirs est avérée chez l'humain, mais chez l'animal non humain, bien que de nombreuses études ont montré que les animaux sont capables de discriminer des comportements, leur capacité à reconnaître le but d'un comportement reste controversée, car difficile à mettre en évidence de façon objective.

Les neurones miroirs sont donc impliqués chez l'humain dans le traitement de haut niveau des comportements perçus, comme l'activation des représentations mentales partagées (Rizzolatti, 2005). Cette représentation reflète le comportement des autres et informe sur leurs

états mentaux. Le système miroir joue donc un rôle dans le processus de mise en correspondance des représentations de soi avec les états mentaux des autres, tels que leurs perceptions, leurs croyances et leurs objectifs. En ce sens, la résonance motrice est associée à la théorie de l'esprit, qui implique la capacité de raisonner sur ses propres états mentaux et ceux des autres (Brass & Heyes, 2005). En revanche, en ce qui concerne le chien, malgré ses capacités cognitives sociales, le débat sur la capacité à raisonner sur les états mentaux reste ouvert (Birch et al., 2020 ; Heyes, 2015 ; Krupenye & Call, 2019).

Conclusion

La synchronisation comportementale est un type d'alignement social fondamental dans les interactions entre le chien et l'humain. Elle repose sur le mécanisme des neurones miroirs, qui entrent en résonance motrice lorsqu'ils sont activés simultanément chez les partenaires d'interaction, menant à la contagion motrice et la synchronisation des comportements. Cette synchronisation peut être modulée, notamment par le degré de familiarité entre le chien et l'humain, l'état attentionnel, le niveau de stress, et bien d'autres facteurs. Enfin, la synchronisation comportementale agit comme une glue sociale qui lie les individus entre eux, elle permet d'apprendre de nouveaux comportements, de les reconnaître, de les comprendre, et peut être même de comprendre les états mentaux associés à ces comportements. Elle est un pilier des interactions humain-chien. Reste à confirmer l'existence d'un processus basé sur les neurones miroirs similaire à celui des primates humains et non humains au niveau interspécifique chien – humain, c'est-à-dire l'existence d'une nouvelle aptitude d'apparence humaine chez le chien (Duranton & Gaunet, 2018).

Références

- Asen, Y., & Cook, R. G. (2012). Discrimination and categorization of actions by pigeons. *Psychological Science*, 23(6), 617-624. <https://doi.org/10.1177/0956797611433333>
- Blakemore, S. J., & Frith, C. (2005). The role of motor contagion in the prediction of action. *Neuropsychologia*, 43(2), 260-267. <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2004.11.012>
- Birch, J., Schnell, A. K., & Clayton, N. S. (2020). Dimensions of animal consciousness. *Trends in cognitive sciences*, 24(10), 789-801. <https://doi.org/10.1016/j.tics.2020.07.007>

- Bonanni, R., & Cafazzo, S. (2014). The social organisation of a population of free-ranging dogs in a suburban area of Rome: a reassessment of the effects of domestication on dogs' behaviour. In *The social dog*, pp. 65-104, Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-407818-5.00003-6>
- Bonini, L., Rotunno, C., Arcuri, E., & Gallese, V. (2022). Mirror neurons 30 years later: implications and applications. *Trends in cognitive sciences*, 9(2), 767-781. <https://doi.org/10.1016/j.tics.2022.06.003>
- Brass, M., & Heyes, C. (2005). Imitation: is cognitive neuroscience solving the correspondence problem?. *Trends in cognitive sciences*, 9(10), 489-495. <https://doi.org/10.1016/j.tics.2005.08.007>
- Di Pellegrino, G., Fadiga, L., Fogassi, L., Gallese, V., & Rizzolatti, G. (1992). Understanding motor events: a neurophysiological study. *Experimental brain research*, 91(1), 176-180. <https://doi.org/10.1007/BF00230027>
- Dotson, M. J., & Hyatt, E. M. (2008). Understanding dog-human companionship. *Journal of Business Research*, 61(5), 457-466. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2007.07.019>
- Durantón, C. (2020). Local synchrony as a tool to estimate affiliation in dogs. *Journal of Veterinary Behavior*, 36, 48-53. <https://10.1016/j.jveb.2019.10.007>
- Durantón, C., Bedossa, T., & Gaunet, F. (2017). Interspecific behavioural synchronization: Dogs exhibit locomotor synchrony with humans. *Scientific Reports*, 7(1), 12384. <https://10.1038/s41598-017-12577-z>
- Durantón, C., Bedossa, T., & Gaunet, F. (2018). Pet dogs synchronize their walking pace with that of their owners in open outdoor areas. *Animal Cognition*, 21(2), 219-226. <https://10.1007/s10071-017-1155-x>
- Durantón, C., Bedossa, T., & Gaunet, F. (2019). When walking in an outside area, shelter dogs (*Canis familiaris*) synchronize activity with their caregivers but do not remain as close to them as do pet dogs. *Journal of Comparative Psychology*, 133(3), 397. <https://psycnet.apa.org/doi/10.1037/com0000171>
- 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), 513-524. <https://doi.org/10.1016/j.jveb.2015.08.008>
- Durantón, C., & Gaunet, F. (2016). Effects of shelter housing on dogs' sensitivity to human social cues. *Journal of Veterinary Behavior: Clinical Applications and Research*, 100(14), 20-27. <https://doi.org/10.1016/j.jveb.2016.06.011>

- Duranton, C., & Gaunet, F. (2018). Behavioral synchronization and affiliation: Dogs exhibit human-like skills. *Learning & Behavior*, *46*(4). <https://doi.org/10.3758/s13420-018-0323-4>
- Duranton, 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), 243-250. <https://doi.org/10.1007/s10071-019-01241-w>
- Ferrari, P. F., & Rizzolatti, G. (2014). Mirror neuron research: the past and the future. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, *369*(1644), 20130169. <https://doi.org/10.1098/rstb.2013.0169>
- Fuhrmann, D., Ravignani, A., Marshall-Pescini, S., & Whiten, A. (2014). Synchrony and motor mimicking in chimpanzee observational learning. *Scientific Reports*, *4*(1), 5283. <https://doi.org/10.1038/srep05283>
- Gallese, V., Fadiga, L., Fogassi, L., & Rizzolatti, G. (1996). Action recognition in the premotor cortex. *Brain*, *119*(2), 593-609. <https://doi.org/10.1093/brain/119.2.593>
- 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), 849-860. <https://doi.org/10.1007/s10071-011-0418-1>
- Gaunet, F., & El Massioui, F. E. (2014). Marked referential communicative behaviours, but no differentiation of the “knowledge state” of humans in untrained pet dogs versus 1-year-old infants. *Animal cognition*, *17*(5), 1137-1147. <http://dx.doi.org/10.1007/s10071-014-0746-z>
- Gaunet, F., Pari-Perrin, E., & Bernardin, G. (2014). Description of dogs and owners in outdoor built-up areas and their more-than-human issues. *Environmental management*, *54*, 383-401. <https://doi.org/10.1007/s00267-014-0297-8>
- Gautrais, J., Michelena, P., Sibbald, A., Bon, R., & Deneubourg, J. L. (2007). Allelomimetic synchronization in Merino sheep. *Animal Behaviour*, *74*(5), 1443-1454. <https://doi.org/10.1016/j.anbehav.2007.02.020>
- Hegadoren, K. M., O'Donnell, T., Lanius, R., Coupland, N. J., & Lacaze-Masmonteil, N. (2009). The role of β -endorphin in the pathophysiology of major depression. *Neuropeptides*, *43*(5), 341-353. <https://doi.org/10.1016/j.npep.2009.06.004>
- Heyes, C. (2015). Animal mindreading: what's the problem?. *Psychonomic bulletin & review*, *22*, 313-327. <https://doi.org/10.3758/s13423-014-0704-4>

- Heyes, C., & Catmur, C. (2021). What happened to mirror neurons?. *Perspectives on Psychological Science*, 17(1), 153-168. <https://doi.org/10.1177/1745691621990638>
- Huber, L., Salobir, K., Mundry, R., & Cimarrelli, G. (2020). Selective overimitation in dogs. *Learning and Behavior*, 48, 113–123. <https://doi.org/10.3758/s13420-019-00400-w>
- Iacoboni, M., Molnar-Szakacs, I., Gallese, V., Buccino, G., Mazziotta, J. C., & Rizzolatti, G. (2005). Grasping the intentions of others with one's own mirror neuron system. *PLoS biology*, 3(3), e79. <https://doi.org/10.1371/journal.pbio.0030079>
- Kinsman, R. H., Main, K. E., Casey, R. A., Da Costa, R. E., Owczarczak-Garstecka, S. C., Knowles, T. G., Tasker, S., & Murray, J. K. (2022). Dog walk frequency and duration: Analysis of a cohort of dogs up to 15 months of age. *Applied Animal Behaviour Science*, 250, 105609. <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2022.105609>
- Koban, L., Ramamoorthy, A., & Konvalinka, I. (2019). Why do we fall into sync with others? Interpersonal synchronization and the brain's optimization principle. *Social Neuroscience*, 14(1), 1-9. <https://doi.org/10.1080/17470919.2017.1400463>
- Krupenye, C., & Call, J. (2019). Theory of mind in animals: Current and future directions. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Cognitive Science*, 10(6), e1503. <https://doi.org/10.1002/wcs.1503>
- Lakatos, G., Soproni, K., Dóka, A., & Miklósi, Á. (2009). A comparative approach to dogs' (Canis familiaris) and human infants' comprehension of various forms of pointing gestures. *Animal cognition*, 12(4), 621-631. <https://doi.org/10.1007/s10071-009-0221-4>
- Liu, S., Rovine, M. J., Cousino Klein, L., & Almeida, D. M. (2013). Synchrony of diurnal cortisol pattern in couples. *Journal of Family Psychology*, 27(4), 579. <https://psycnet.apa.org/doi/10.1037/a0033735>
- McGuigan, N., Whiten, A., Flynn, E., & Horner, V. (2007). Imitation of causally opaque versus causally transparent tool use by 3-and 5-year-old children. *Cognitive Development*, 22, 353–364. <https://doi.org/10.1016/j.cogdev.2007.01.001>
- Mech, L. D., & Boitani, L. eds. (2003). *Wolves: Behavior, Ecology, and Conservation*. The University of Chicago Press, Chicago, Illinois, and London, United Kingdom, pp 448. ISBN ISBN 0-226-51696-2
- Merola, I., Prato-Previde, E., & Marshall-Pescini, S. (2012). Dogs' social referencing towards owners and strangers. *PLOS ONE*, 7(10): e47653. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0047653>

- Miklósi, Á., Topal, J., & Csányi, V. (2004). Comparative social cognition: what can dogs teach us?. *Animal Behaviour*, 67(6), 995-1004. <https://doi.org/10.1016/j.anbehav.2003.10.008>
- Nagasawa, M., Mitsui, S., En, S., Ohtani, N., Ohta, M., Sakuma, Y., Onaka, T., Mogi, K., & Kikusui, T. (2015). Oxytocin-gaze positive loop and the coevolution of human-dog bonds. *Science*, 348(6232), 333-336. <https://doi.org/10.1126/science.1261022>
- Rauchbauer, B., & Grosbras, M. H. (2020). Developmental trajectory of interpersonal motor alignment: Positive social effects and link to social cognition. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 118, 411-425. <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2020.07.032>
- Rizzolatti, G. (2005). The mirror neuron system and its function in humans. *Anatomy and embryology*, 210(5), 419-421. <https://doi.org/10.1007/s00429-005-0039-z>
- Rizzolatti, G., Fogassi, L., & Gallese, V. (2001). Neurophysiological mechanisms underlying the understanding and imitation of action. *Nature reviews neuroscience*, 2(9), 661-670. <https://doi.org/10.1038/35090060>
- Roberts, J. W., Katayama, O., Lung, T., Constable, M. D., Elliott, D., Lyons, J. L., & Welsh, T. N. (2016). The modulation of motor contagion by intrapersonal sensorimotor experience. *Neuroscience Letters*, 624, 42-46. <https://doi.org/10.1016/j.neulet.2016.04.063>
- Romero, T., Nagasawa, M., Mogi, K., Hasegawa, T., & Kikusui, T. (2014). Oxytocin promotes social bonding in dogs. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 111(25), 9085-9090. <https://doi.org/10.1073/pnas.1322868111>
- Rinott, M., & Tractinsky, N. (2021). Designing for interpersonal motor synchronization. *Human-Computer Interaction*, 37(1), 69-116. <https://doi.org/10.1080/07370024.2021.1912608>
- 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. <https://doi.org/10.1037/h0024390>.
- Shamay-Tsoory, S. G., Saporta, N., Marton-Alper, I. Z., & Gvirts, H. Z. (2019). Herding brains: a core neural mechanism for social alignment. *Trends in cognitive sciences*, 23(3), 174-186. <https://doi.org/10.1016/j.tics.2019.01.002>
- Sundman, A. S., Van Poucke, E., Svensson Holm, A. C., Faresjö, Å., Theodorsson, E., Jensen, P., & Roth, L. S. (2019). Long-term stress levels are synchronized in dogs and their owners. *Scientific reports*, 9(1), 1-7. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-43851-x>

Uithol, S., van Rooij, I., Bekkering, H., & Haselager, P. (2011). Understanding motor resonance. *Social neuroscience*, 6(4), 388-397. <https://doi.org/10.1080/17470919.2011.559129>

Ulmer-Yaniv, A., Avitsur, R., Kanat-Maymon, Y., Schneiderman, I., Zagoory-Sharon, O., & Feldman, R. (2016). Affiliation, reward, and immune biomarkers coalesce to support social synchrony during periods of bond formation in humans. *Brain, behavior, and immunity*, 56, 130-139. <https://doi.org/10.1016/j.bbi.2016.02.017>

Van Baaren, R., Janssen, L., Chartrand, T. L., & Dijksterhuis, A. (2009). Where is the love? The social aspects of mimicry. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 364(1528), 2381-2389. <https://doi.org/10.1098/rstb.2009.0057>

Virányi, Z., Topál, J., Gácsi, M., Miklósi, Á., & Csányi, V. (2004). Dogs respond appropriately to cues of humans' attentional focus. *Behavioural processes*, 66(2), 161-172. <https://doi.org/10.1016/j.beproc.2004.01.012>