

Thèse de Doctorat

Mehdi R'KIOUAK

*Mémoire présenté en vue de l'obtention du
grade de Docteur de l'Université de Nantes
sous le sceau de l'Université Bretagne Loire*

École doctorale : ED 504 « Cognition, Éducation, Interactions »

Discipline : Sciences et Techniques des Activités Physiques et Sportives, 74^{ème} section

Spécialité : Science du Mouvement Humain / Psychologie du Sport

Unité de recherche : Laboratoire « Motricité, Interactions, Performance » (EA4334)

UFR STAPS – Université de Nantes

25 bis, boulevard Guy Mollet, BP 72206

44322 Nantes cedex 3

Soutenu le Jeudi 7 Décembre 2017

« RAMER ENSEMBLE » EN AVIRON : ENTRE RÉGULATION INTER- ET EXTRA-PERSONNELLE

CONTRIBUTION À UNE APPROCHE ÉNACTIVE DES COUPLAGES SOCIAUX

TOME 1 : DOCUMENT PRINCIPAL

JURY

Président du jury	Reinoud J. BOOTSMA , Professeur des Universités, Université Aix-Marseille
Rapporteurs :	Ludovic SEIFERT , Professeur des Universités, Université de Rouen Géraldine RIX-LIÈVRE , Professeur des Universités, Université Clermont-Ferrand
Examineurs :	Reinoud J. BOOTSMA , Professeur des Universités, Université Aix-Marseille Déborah NOURRIT , Maître de Conférences, Université de Montpellier
Directeur de Thèse :	Jérôme BOURBOUSSON , Maître de Conférences-HDR, Université de Nantes
Co-directeurs de Thèse :	Jacques SAURY , Professeur des Universités, Université de Nantes Marc DURAND , Professeur Ordinaire, Université de Genève

AVANT-PROPOS

Les travaux associés à ce travail de thèse se sont déroulés entre septembre 2014 et octobre 2017, au sein du laboratoire « Motricité, Interactions, Performance » (EA 4334), situé à l'UFR STAPS de l'Université de Nantes (France), et au « Systems Psychology Lab », hébergé à l'Université de Georgia Institute of Technology (États-Unis). Je tiens, par conséquent, à remercier les quelques personnes qui m'ont accompagné au cours de mon doctorat et qui ont amplement participé à l'accomplissement de ce travail.

Ces trois années de thèse peuvent s'apparenter aux saisons d'un sport que je chéris tant : le Basket-Ball. Dans ce sport, j'y ai appris que « tout est une histoire de collectif » surtout lorsque l'on veut jouer dans la cour des grands. Je dois ce chapitre de ma vie à tous les gens qui m'ont aidé de près ou de loin à pouvoir fouler le parquet du haut-niveau, même si ce n'est que pour quelques minutes.

Pour qu'un joueur de basket-ball progresse et murisse, il est nécessaire qu'il soit dans un environnement favorable, c'est-à-dire entouré d'entraîneurs, d'un club, de coéquipiers, d'agents, de sa famille et bien évidemment d'amis.

LES ENTRAINEURS :

En premier lieu, **Jérôme** sans qui cette aventure n'aurait jamais existé. Premièrement, parce qu'il a su me donner le gout de la recherche (Réussir à ce qu'un joueur et entraîneur de basket fasse une thèse en aviron... Ce n'était pas gagné... !!). Deuxièmement, parce qu'avoir insisté à ce que je lise du Maturana et Varela en L3 a été une des meilleures choses dans ma vie. À jamais la vision que je porte sur le monde a changé. Troisièmement, de m'avoir guidé techniquement et tactiquement en appliquant les principes d'individualisation. Quatrièmement, ... Je vais m'arrêter là car je pourrais encore énumérer pas mal de choses... Bref, merci pour tout. Même si je suis amené à changer d'entraîneur, j'espère te compter à jamais parmi mes amis.

Un autre entraîneur, et pas des moindres, qui a formé de nombreux grands joueurs, j'ai nommé ... **Jacques**. Un honneur, un privilège et surtout un réel plaisir d'avoir pu apprendre auprès de toi. Un fin connaisseur des aspects techniques et qui est prêt à partager tout ce qu'il sait. Merci pour tout.

Marc, je tiens également à te remercier pour les commentaires et discussions qui ont été, certes parcimonieuses, mais toujours agréables et constructives. Par la même occasion, je remercie **Germain** qui a également contribué par l'intermédiaire du comité de suivi de thèse à stimuler mes réflexes et mes prises de décision. I would like to warmly thank Pr **Jamie Gorman** to friendly host me in his laboratory, city and life. I am glad that you have contributed in my thesis progression.

Enfin, je tiens aussi à remercier de manière plus formelle, mais non sans affection, les rapporteurs et membres du jury qui acceptent par la même occasion de peaufiner ma formation pour qu'un jour peut-être je puisse jouer dans la grande ligue. Merci à vous, **Pr. Ludovic Seifert**, **Pr. Géraldine Rix-Lièvre**, **Pr. Reinoud Bootsma** et **Dr. Déborah Nourrit**.

LES CLUBS :

Une équipe professionnelle, ou amateur, dépend de tous les gens qui constituent l'identité du club. Pour ma part j'ai eu la chance d'être formé dans deux grands clubs, l'UFR STAPS de Nantes et le labo MIP. Sans vous, notre équipe n'aurait pu aller si loin...

Concernant l'UFR je tiens simplement à remercier tous les personnels qui sont toujours là pour échanger et faire en sorte que le club grandisse. Une mention spéciale au directeur Monsieur le Professeur **Arnaud**... Merci pour toute la confiance dont tu as pu faire preuve à mon égard. Pour certaines tâches j'étais sans doute le choix de secours pour d'autres le premier choix. Mais tu m'as surtout, et aussi, sollicité pour des aventures exceptionnelles !!! Et je t'en suis très reconnaissant.

Concernant le labo MIP, c'est bel et bien mon club de cœur pour lequel j'ai mouillé le maillot mais toujours avec plaisir. Ce club m'a tout offert et tout le monde m'a accueilli et permis de m'exprimer. Mention spéciale à **François** pour son management et cette envie de toujours essayer de trouver une solution. Mention aussi à **Antoine** qui m'a aiguillé au début sur mes connaissances en aviron. Et une mention aussi pour **Marc** qui m'a fait confiance pour la spé basket et avec c'est un réel plaisir d'échanger le matin (après 10h...) sur tout et n'importe quoi. Bref je ne peux m'étendre mais merci à tous.

L'ÉQUIPE :

Un joueur au basket n'est rien sans ses coéquipiers, et pour jouer le titre il faut que les partenaires soient très bons. J'ai eu cette chance d'être là pour jouer avec la « dream team », mais aussi de pouvoir jouer avec la nouvelle « draft 2016 et 2017 ». Comme à l'accoutumé, je rends hommage à tous ces « Hall of Famer » avec qui j'ai pu jouer.

L'ambianceur : « **Ninian** », un vrai « Booba » dans l'âme, je ne parle pas du « Duc » mais bien du petit ourson qui a un grand cœur et toujours le sourire / Le bourrin : « **Hugo C.** », celui qu'on aime avoir dans son équipe mais que l'on détesterait avoir en adversaire. Un homme froid par peur de s'ouvrir, mais qui est toujours là lorsqu'il vous a ouvert ses portes / Le joueur d'instinct : « **Yaya** », celui qui va où le vent le porte, sans jamais douter, il finit toujours par trouver une explication que seul lui comprend (Merci pour m'avoir montré la voie du côté ...) / Le meneur : « **Mat Plot** », le papa, celui qui est toujours le plus responsable, mais seulement avant 2 pintes, après il se transforme et devient le mec de la troisième mi-temps que personnes n'arrêtent / Le capitaine : « **Vachoune** », celui qui est toujours à prendre des petites nouvelles de tout le monde, mais qui une fois sur le parquet ne pense qu'à une chose ... Jouer la balle / L'étranger : « **Richard** », celui qui nous vient de loin sur le marché des transferts, son acclimatation s'est faite extrêmement vite et il a toujours su être collectif / Le défenseur : « **Peter** », celui qui parle peu mais qui assure à chaque moment du match et surtout en troisième mi-temps / Le relou : « **Cattoch** », celui qui est arrivé en cours de saison mais a su imposer ses règles, un coéquipiers à ne pas sous-estimer / Le téméraire : « **Poney** », celui qui n'a peur de rien et avance, m'entraînant dans son sillage / L'arbitre : « **Guigui** », celui qui a toujours le petit mot, à tout moment, et avec qui la discussion est toujours intéressante / Le polyvalent : « **Vava** », celui qui incarne toutes ces facettes, un frère d'arme, un ami.

Dans une deuxième vague, je remercie aussi le top 3 de la draft, **Mathieu** pour toute l'aide que tu m'as apporté et ton soutien. Je sais que notre collaboration ne fait que commencer... **Marion**, que dire ... Un vrai coup de foudre amical. Merci pour tous ces instants partagés. **Julien**, un questionnement sans fond t'anime et c'est ce que j'aime en toi car je m'y retrouve. Nous avons encore pas mal de temps pour en discuter ;-).

LES SPARRING-PARTNERS :

Je remercie au passage le bureau 119 et tous les autres rookies qui j'en suis sur feront du bon boulot.

LES AGENTS :

Ceux que j'appelle les « bienveillants », ils ont croisé ou croisent notre chemin au bon moment, et n'ont aucune attente particulière. Un peu à l'image des anges gardiens, ils existent uniquement pour rendre notre vie meilleure !

Une mention spéciale à 2 d'entre eux. **Lucas**, tu es le frère que je n'ai jamais eu et je te suis énormément reconnaissant pour tout (le pire comme le meilleur). **Simon**, on s'est rencontré, on s'est perdu de vue mais pour mieux se retrouver. Tu fais parti du Top et je sais que tu y resteras encore pendant de nombreuses années.

Bien évidemment, je remercie mes **coéquipiers** dans la vie de tous les jours, les « **Tuches** » et les « **Brunchers** » qui se reconnaîtront. Je vous remercie pour les bouffées d'oxygène que vous m'avez apporté tout au long de mes aventures.

LA FAMILLE :

Ici, il n'y a pas d'analogie... Les piliers fondateurs ! Difficile de s'étendre tellement ce travail est en grande partie votre œuvre. Quelques mots toutefois... Merci à :

Mon **oncle** et ma **tante** pour les relectures et leur soutien permanent. Ainsi, que mes **cousins**.

Ma famille paternelle, notamment ma **grand-mère** et mon **oncle** qui ont toujours tout fait pour moi.

Ma **belle-famille** qui m'a accueilli à bras ouvert et qui m'a toujours soutenu.

Mes **parents**, sans qui bien évidemment, ce travail ne pourrait exister. Pour le soutien que vous m'avez témoigné et les nombreuses fois où vous m'avez aidé pour que je puisse me focaliser uniquement sur mes études et notamment ce mémoire. Merci pour tout l'Amour que vous me donnez et qui me nourrit tous les jours !

Ma **CHLOÉ**, cela a été très dur par moment, ta vie sur Paris, la mienne sur Nantes, durant 3 années. Ma thèse comme priorité et un voyage aux États-Unis pour couronner le tout. Et pourtant tu es restée à mes côtés, tu m'as fait confiance et tu m'as toujours poussé. Comme tu le sais si bien je suis toujours plus dur avec les gens qui me sont proches et j'ai souvent du mal à exprimer tout ce que je ressens. Alors j'en profite ici pour te dire que je te dédis ce travail de thèse, et que je te remercie profondément, je t'aime.

Mes remerciements sont assez longs comme une lettre d'adieu d'un joueur à son club. Mais je tenais à l'ancrer dans le marbre, car le jour J, je ne serais sûrement pas capable de vous le dire. Pourtant, je le pense fort...

TABLE DES MATIÈRES

Avant-Propos	3
Table des matières	7
Introduction générale	13
Première partie : Cadre général des recherches	19
1 Se coordonner avec autrui pour « faire ensemble »	20
1.1 Des approches théoriques contrastées : entre approches représentationnelles et non-représentationnelles	20
1.1.1 Approches représentationnelles de la coordination interpersonnelle.....	20
1.1.1.1 Fondements des approches représentationnelles	20
1.1.1.2 Le rôle des représentations partagées	21
1.1.1.3 Applications de cette approche dans le domaine du sport.....	23
1.1.1.4 Critiques des approches représentationnelles	25
1.1.2 Approches non-représentationnelles.....	26
1.1.2.1 Approche dynamique et approche écologique de la coordination interpersonnelle.....	26
1.1.2.1.1 Approche dynamique de la coordination interpersonnelle.....	27
1.1.2.1.2 Approche écologique de la coordination interpersonnelle	28
1.1.2.2 Approche phénoménologique de la coordination interpersonnelle	31
1.1.2.2.1 Définition et petit détour historique.....	31
1.1.2.2.2 L'expérience des acteurs comme objet d'étude	33
1.2 Deux focales alternatives pour appréhender la coordination interpersonnelle : Primat à la planification ou au couplage situationnel.....	35
1.2.1 Planifier la coordination interpersonnelle avec autrui	36
1.2.1.1 Les connaissances partagées construites dans la pratique.....	37
1.2.1.2 Les connaissances partagées construites par la planification de l'action	39
1.2.2 Se coordonner à autrui dans le couplage situationnel.....	40
1.2.2.1 Inéluctable : La coordination interpersonnelle due aux neurones miroirs.....	41
1.2.2.2 La coordination interpersonnelle non-intentionnelle comme émergeant de processus auto-organisés	43
1.3 Des objets d'études contrastés : Entre coordination spontanée et coordination régulée activement.....	44
1.3.1 La coordination interpersonnelle spontanée, un objet d'étude privilégié par les approches non-représentationnelles.....	45
1.3.2 La régulation active de la coordination interpersonnelle, un objet d'étude privilégié par les approches représentationnelles	46

1.3.3	Approches non-représentationnelles et régulation active de la coordination interpersonnelle ?.....	48
1.3.4	Quid de la place de la régulation active dans l'étude de la coordination interpersonnelle émergente ?	49
2	Ancrages informationnels et régulation de la coordination interpersonnelle émergente	53
2.1	Ancrages informationnels de l'activité individuelle de régulation.....	54
2.1.1	Ancrage informationnel symbolique <i>versus</i> direct.....	54
2.1.2	Ancrage informationnel local versus global.....	56
2.1.3	Ancrage informationnel humain versus matériel	59
2.1.4	Ancrage informationnel complexe.....	63
2.2	Le partage des ancrages informationnels pour construire un faire ensemble	65
2.2.1	La co-régulation active comme élément consubstantiel du processus d'interaction.....	65
2.2.2	Un fonctionnement collectif est-il possible sans co-régulation ?	69
2.2.3	La place de l'environnement dans le processus de co-régulation	70
2.2.4	L'aviron : une situation sportive privilégiée pour l'étude des ancrages informationnels environnementaux	71
3	Les orientations de notre travail de recherche : synthèse et directions théoriques, épistémologiques et méthodologiques.....	74
3.1	Besoins théoriques et méthodologiques	75
3.2	Cadre épistémologique et méthodologique général	77
	Deuxième partie : Cadre épistémologique et méthodologique	79
4	Épistémologie générale	80
4.1	Conception de l'activité humaine.....	80
4.1.1	Autopoïèse et autonomie des systèmes vivants	81
4.1.2	Couplage structurel et dynamique asymétrique de l'activité : émergence d'un « monde propre ».....	82
4.1.3	La régulation active engendré par l'asymétrie du couplage structurel et de l'agentivité des êtres vivants	84
4.1.3.1	Adaptativité et asymétrie du couplage structurel	84
4.1.3.2	Agentivité et régulation active du couplage structurel	86
4.2	Conception de l'activité collective	88
4.2.1	La notion de couplage de troisième ordre au cœur de l'approche énaïve de l'activité collective.....	88

4.2.2	La place de la phénoménologie des acteurs engagés dans une situation de co-régulation.....	90
4.3	Méthodologie générale.....	91
4.3.1	Objets théoriques et recueil des données phénoménologiques	92
4.3.1.1	Objets théoriques.....	92
4.3.1.1.1	Objets théoriques permettant une description symbolique acceptable du domaine cognitif de l'acteur.....	92
4.3.1.1.2	Objets théoriques rendant compte de l'activité collective	95
4.3.1.2	Méthode de recueil des données.....	98
4.3.1.2.1	Observatoire et recueil des données permettant de décrire l'activité réalisée	98
4.3.1.2.2	Entretien d'autoconfrontation et précautions méthodologiques inhérentes au recueil des données phénoménologiques.....	100
4.3.1.3	Analyse des données	104
4.3.1.3.1	L'expérience humaine : une construction de signes	105
4.3.1.3.2	Validation du traitement des données phénoménologiques	108
4.3.2	Recueil des données mécaniques.....	109
4.3.2.1	Powerline, un système de mesure embarqué	109
4.3.2.1.1	Dames de nage instrumentées	110
4.3.2.1.2	Capteurs de mouvements du bateau	111
4.3.2.1.3	Interface numérique embarquée.....	112
4.3.3	Articulation des données phénoménologiques et des données mécaniques.....	113
4.3.3.1	Primat de l'intrinsèque.....	114
4.3.3.2	Une sélection des modalités d'articulation de descriptions en 1 ^{ère} et 3 ^{ème} personne.....	115
4.3.3.2.1	Une analyse croisée des données comportementales et expérientielles d'une même activité	115
4.3.3.2.2	Un échantillonnage des données comportementales par l'expérience vécue	117
Troisième partie	: Étude de thèse	121
	Étude 1 : Joint action of a pair of rowers in a race: shared experiences of effectiveness are shaped by interpersonal mechanical states.....	123
	Étude 2: Joint action in an elite rowing pair crew after intensive team training: The reinforcement of extra-personal processes	127
	Étude 3: Team synergies in rowing: How active co-regulation of a coxless pair crew changed under the effect of different cadences.....	129
Quatrième partie	: Discussion générale.....	131
5	Apports à la connaissance scientifique	133
5.1	Apports à la connaissance du fonctionnement collectif.....	134
5.1.1	Quid des ancrages informationnels environnementaux en sport?.....	134

5.1.1.1	La (co-)régulation extra-personnelle : Grande oubliée des études en sport	135
5.1.1.2	L'environnement matériel comme partenaire ?.....	141
5.1.2	La similarité des expériences est-elle nécessaire pour se coordonner ?	143
5.1.3	Pistes pour les recherches futures.....	146
5.2	Apports à l'approche éactive	148
5.2.1	Apports méthodologiques d'une articulation de descriptions en 1 ^{ère} personne et 3 ^{ème} personne.....	148
5.2.1.1	Une mise en œuvre de l'échantillonnage des données comportementales par l'expérience.....	148
5.2.1.2	Une mise en œuvre de l'analyse croisée des données comportementales et expérientielles recueillies dans une même situation.....	150
5.2.2	La place de l'environnement dans la coordination interpersonnelle.....	152
6	Apports à la conception d'aides en aviron	155
6.1	Faut-il entraîner les rameurs à ramer ensemble ?	156
6.2	Un modèle de la coordination interpersonnelle en aviron : de l'apprenti à l'expert	158
6.3	Un nouvel éclairage sur la pertinence d'un mode singulier de constitution des équipages.....	160
6.4	La prise en compte des expériences saillantes comme support de l'entraînement ?	161
	Conclusion & Perspectives	165
	Références.....	169
	Liste des Figures	197
	Publications et communication associées à la thèse.....	201

INTRODUCTION GÉNÉRALE

Un vol d'étourneaux, un banc de poissons, une termitière, une équipe de natation synchronisée, un équipage en aviron, sont autant de phénomènes qui révèlent les capacités des êtres vivants à s'organiser collectivement pour accomplir des prouesses sans commune mesure avec celles qu'ils peuvent atteindre individuellement (Eccles & Tenenbaum, 2004). Ces diverses formes d'intelligence collective émergent des couplages sociaux qui s'établissent entre les individus. Les couplages sociaux ont fait l'objet d'études approfondies au cours de ces dernières années dans les sciences du sport et du mouvement (e.g., Araujo & Davids, 2016 ; Bourbousson, Sève, & McGarry, 2010a, 2010b ; Duarte, Araujo, Correia & Davids, 2012 ; Feigean, R'Kiouak, Bootsma & Bourbousson, 2017 ; Seifert, Lardy, Bourbousson, Adé, Nordez, Thouvarecq & Saury, 2017). Ainsi, c'est l'activité de chaque individu et la coordination ou l'agencement des activités de plusieurs individus qui peuvent être à l'origine de l'émergence d'une activité collective permettant de résoudre des problèmes complexes. Autrement dit, les acteurs engagés dans une même activité collective peuvent adapter leurs activités dans le but de maintenir leur performance collective dans un contexte ou un environnement incertain (e.g., des militaires en action, un staff médical face à une pathologie nouvelle, des sportifs engagés dans un environnement incertain). Un réel engouement pour l'analyse et la compréhension des interactions entre les individus qui permettent l'émergence d'une forme d'intelligence collective en sport a marqué la dernière décennie, notamment à la suite de la publication de l'article fondateur d'Eccles et Tenenbaum (2004). Cet article propose un ensemble d'hypothèses permettant d'expliquer pourquoi une équipe de sport collectif composée d'experts ne constitue pas nécessairement une équipe experte. Les auteurs suggèrent que ce sont les coordinations, autrement dit les interactions situées entre ces joueurs, qui font émerger des possibilités d'action inhérentes au fonctionnement de l'équipe, et permettant à celle-ci d'atteindre des objectifs inaccessibles par la simple « addition » des possibilités d'action individuelle (i.e., notion « d'intelligence collective » ; Eccles &

Tenenbaum, 2004, 2007). Si la compréhension des ressorts des comportements collectifs dans les systèmes complexes tels que les équipes est d'un intérêt particulier en sport, elle touche de nombreux autres domaines, tels que l'éthologie ou encore la robotique.

Le propos de cette thèse est plus précisément centré sur la notion de co-régulation de l'activité conjointe des acteurs engagés dans une tâche sportive collective requérant une synchronisation (i.e., une forme particulière de coordination interpersonnelle), ici l'aviron en équipage. Par co-régulation, nous entendons la manière dont plusieurs individus adaptent conjointement et en temps réel leurs activités aux besoins de leur situation collective. Autrement dit, il s'agit de la manière dont le « faire ensemble » se construit en situation sur la base des activités des individus concernés. Cette co-régulation est dite « active » lorsque plusieurs individus adaptent en temps réel leurs activités respectives aux besoins qu'ils perçoivent de la situation, d'une manière qui s'accompagne d'une expérience rapportable par eux, moyennant des conditions favorables (i.e., qui est « significative pour eux »).

Ce travail est fondé sur l'idée selon laquelle le processus de co-régulation est au cœur de la dynamique de la coordination interpersonnelle, que celle-ci soit envisagée à un niveau phénoménologique ou à un niveau comportemental. Dans cette perspective, la dynamique de l'activité collective produite par les interactions entre des individus est susceptible de s'auto-organiser. Ce présupposé a été formulé récemment dans le cadre de l'approche éactive des couplages sociaux (Bourbousson, 2015 ; De Jaegher, 2006 ; Torrance & Froese, 2011) et dans celui du paradigme des systèmes dynamiques des coordinations (Kelso, 1995 ; Kelso & Engström, 2006 ; Oullier & Kelso, 2009), comme extension dans le domaine interpersonnel des propositions plus larges de l'approche éactive (e.g., Maturana & Varela, 1994 ; Varela, Thompson & Rosch, 1993) et de l'approche dynamique (e.g., Haken, Kelso & Bunz, 1985 ; Kelso, Southard & Goodman, 1979). De cette auto-organisation de la dynamique de l'activité collective, produite par l'interaction des activités des acteurs, émerge un domaine

phénoménologique autonome (i.e., aussi appelé domaine consensuel) : une dynamique propre à la rencontre interpersonnelle. Cette dynamique collective est irréductible aux perspectives individuelles qui y participent, mais existe concrètement à travers l'influence qu'elle a sur les comportements individuels (De Jaegher & Di Paolo, 2007). L'approche énaïve a principalement fourni des travaux théoriques. Dans cette approche, l'accent est mis sur la mutualité de l'interaction, qui désigne le fait que les interactions sociales concernent simultanément les personnes qui y participent et que les activités respectives de ces personnes s'affectent réciproquement. Cette caractéristique est essentielle à l'émergence d'une activité collective autonome : c'est par les effets continus que les individus ont les uns sur les autres que le processus d'interaction peut s'auto-organiser et engendrer ses propres effets. Pour sa part, le paradigme des systèmes dynamiques appliqué à l'étude des coordinations interpersonnelles a fourni davantage de résultats empiriques sur le caractère auto-organisé des coordinations interpersonnelles, sans toutefois que la mutualité des effets exercés par chaque acteur sur l'autre (ou les autres) ait fait l'objet d'investigations systématiques. Le rôle de la co-régulation de leur activité conjointe dans l'émergence d'une activité collective incarnée constitue de ce fait l'un des enjeux centraux de cette thèse. Ainsi, notre travail de recherche porte sur la manière dont les acteurs, ici rameurs, régulent leur activité collective « en train de se faire » en aviron. Celui-ci vise plus précisément à apporter des éléments de réponse à la question suivante : « Est-ce que les propriétés de la coordination interpersonnelle en aviron (i.e., mécaniques et phénoménologiques), et la façon dont elle est régulée activement par les protagonistes, se transforment sous l'effet de différentes contraintes ? ».

Cette thèse a aussi été l'occasion de relever un défi méthodologique lié à la mise en œuvre d'une démarche interdisciplinaire. En effet, nous avons essayé de contribuer aux développements méthodologiques permettant d'actualiser une approche énaïve des couplages sociaux (cf. Bourbousson, 2015), en dépassant les seules analyses

phénoménologiques classiquement réalisées jusqu'alors en sciences du sport. Pour ce faire nous avons tenté d'articuler des données mécaniques (i.e., une description en 3^{ème} personne) avec des données phénoménologiques (i.e., une description en 1^{ère} personne) afin de mieux appréhender la complexité de la coordination interpersonnelle en train de se faire. L'observatoire et la méthodologie du programme de recherche du cours d'action (Theureau, 1992, 2004, 2006, 2009) ont été mobilisés pour rendre compte d'une description en première personne. Les outils d'analyse de l'approche dynamique ont été mobilisés pour renseigner la dynamique de coordination interpersonnelle au sein des équipages (i.e., description en 3^{ème} personne).

Nos recherches ont été essentiellement exploratoires car encore peu d'études ont pris pour objet d'étude la co-régulation active des activités des acteurs pour créer et maintenir une activité collective. De plus, le croisement méthodologique appliqué est relativement lourd à mettre en place et nécessite un temps conséquent de traitement, d'analyse et de synchronisation des données phénoménologiques et mécaniques. Les Études 1 et 2 s'inscrivaient pour partie dans une démarche de Recherche-action (Chein, Cook, and Harding 1948 ; Whitehead & McNiff, 2006). Suite à une contractualisation des conditions de recueil des données permettant de répondre à des besoins de recherche permise par l'inscription de ces travaux de thèse au sein d'un projet¹ plus global, ces travaux devaient permettre de proposer un retour sur la performance collective de l'équipage du Pôle Espoirs/France d'aviron² avec lequel nous avons travaillé. En effet, le besoin était de caractériser le « profil » de l'équipage et de pister l'évolution des performances au cours du début de la formation de l'équipage dans le but d'aider à la performance de cet équipage pour les épreuves nationales qui avaient lieu en fin d'année.

¹ Le projet ANOPACy (ANalyse et Optimisation de la Performance en Aviron et en Cyclisme) qui a financé le travail pour des besoins de retombées pratiques en aviron

² Les pôles sont des structures d'entraînement labellisées par le Ministère des Sports, qui ont pour but de former les sportifs au Haut Niveau tout en assurant leur suivi sportif, scolaire et professionnel.

Le présent document est organisé en quatre grandes parties :

La **Partie 1** présente le cadre général de nos recherches et synthétise les avancées actuelles dans l'étude de la coordination interpersonnelle. Notamment en présentant dans les grandes lignes : (a) les approches théoriques qui se sont intéressées à l'étude des coordinations interpersonnelles en sport, (b) les deux principales focales pour appréhender la coordination interpersonnelle et leurs objets d'étude contrastés, (c) la littérature s'intéressant à une notion fondamentale dans l'appréhension de notre objet d'étude (i.e., les ancrages informationnels), et (d) les travaux actuels sur la co-régulation active des activités individuelles comme facteur clé du processus de coordination interpersonnelle.

La **Partie 2** introduit le cadre théorique et épistémologique dans lequel nos recherches s'inscrivent. Ainsi, notre conception de l'activité humaine et collective y est présentée. La méthodologie générale de l'approche éactive des couplages sociaux y est également présentée. Un Tome (Tome 3) a été spécifiquement conçu pour amener des précisions sur les étapes méthodologiques des travaux de cette thèse.

La **partie 3** présente succinctement les trois travaux empiriques de recherche qui ont été menés au cours de ce travail de thèse. L'intégralité des travaux est présentée dans un second Tome (Tome 2).

La **Partie 4** synthétise les apports scientifiques de notre travail en termes (a) d'apports à la connaissance du fonctionnement collectif, et (b) d'apports à l'approche éactive. Cette partie synthétise aussi les apports en terme d'aides pratiques à l'optimisation de la performance et de la coordination interpersonnelle en aviron.

PREMIÈRE PARTIE :
CADRE GÉNÉRAL DES RECHERCHES

1 SE COORDONNER AVEC AUTRUI POUR « FAIRE ENSEMBLE »

Dans cette partie nous thématisons la façon dont la recherche en psychologie étudie le phénomène de coordination interpersonnelle, c'est-à-dire la manière dont deux ou plusieurs individus s'organisent pour produire une activité collective efficace et cohérente. Plus particulièrement, nous chercherons à saisir la manière dont les acteurs régulent activement leur activité collective en train de se faire dans le champ des sports et nous ouvrirons sur ce qui existe plus globalement dans le cadre des études sur le mouvement humain.

La première section présente deux approches théoriques contrastées (i.e., approches représentationnelles et non-représentationnelles).

La deuxième section présente deux manières d'aborder la coordination interpersonnelle (i.e., coordination interpersonnelle planifiée et/ou spontanée).

La troisième section traite de différents objets d'étude qui ont été investigués dans le cadre de la compréhension des phénomènes spontanés et régulés de la coordination interpersonnelle.

1.1 Des approches théoriques contrastées : entre approches représentationnelles et non-représentationnelles

Dans cette partie, nous présentons succinctement les deux grandes options épistémologiques retenues pour expliquer les phénomènes de coordination interpersonnelle.

1.1.1 Approches représentationnelles de la coordination interpersonnelle

1.1.1.1 Fondements des approches représentationnelles

Depuis les années 50 jusque dans les années 90, l'approche du traitement de l'information a été la plus prolifique concernant la compréhension de la cognition humaine. Malgré l'évolution des aspects théoriques et la diversité des thématiques investiguées au sein

de ce paradigme, le modèle général qui s'est imposé peut être schématisé par la séquence Perceptions → Représentations → Actions. Dans ce cadre, le rôle de la cognition consiste à former des représentations mentales du monde externe, la cognition servant d'interface entre la perception de l'information et l'adoption d'un comportement adapté produit en conséquence. Ce modèle de la cognition prend ainsi la réception des informations externes comme entrée (input), postule un traitement de ces informations dans le but d'extraire une représentation mentale du monde duquel ces informations proviennent (process), et propose enfin une « commande » du comportement en sortie (output). Ainsi, il donne un rôle central au concept de représentation (Varela, 1989). Le comportement observable en troisième personne n'est alors que l'exécution au niveau périphérique de cette activité centrale.

1.1.1.2 Le rôle des représentations partagées

L'approche du traitement de l'information a également influencé l'étude des phénomènes interpersonnels, à partir du modèle général de la communication proposé par Shannon et Weaver en 1998 : les individus se transmettraient des informations via un canal de communication. Dans ce modèle, le statut des individus était asymétrique : l'un avait le rôle d'émetteur pendant que l'autre jouait le rôle de récepteur. Si ces rôles individuels étaient successivement échangés au fur et à mesure de l'interaction, l'activité des individus serait séparée et l'accent serait mis sur un échange à tour de rôle. Ce modèle renvoie directement au schéma linéaire du paradigme cognitiviste (i.e. traitement de l'information) ; réception du message, puis interprétation de celui-ci, conduisant à une réponse comportementale venant nourrir l'échange. Dans cette perspective, interagir avec autrui nécessite avant tout de comprendre les informations qu'il nous livre, de traiter ce message de manière adéquate, ce qui permet d'interagir de manière cohérente.

En somme, cette théorie ne traite pas directement des interactions sociales mais plus particulièrement des capacités cognitives à posséder (i.e., prérequis) où l'exécution de celles-

ci assurerait le bon déroulement de la coordination. Cette vision de la compréhension d'autrui a plus récemment été concurrencée par les théories de la simulation. Dans cette optique, au lieu d'une inférence réflexive, la simulation des états mentaux d'autrui permettrait de comprendre les raisons de son comportement. Par exemple, Gallese et Goldman (1998) suggèrent que lorsque nous sommes engagés dans une interaction sociale, nous nous mettons à la place d'autrui, en simulant « ses états mentaux » depuis notre propre position. Dans cette approche la représentation des états mentaux d'autrui serait produite par la simulation de leur comportement (e.g., Rizzolatti & Craighero, 2004 ; Rizzolatti & Sinigaglia, 2008 ; Rizzolatti, Fadiga, Gallese & Fogassi, 1996). L'idée séduisante qui en découle est qu'un « codage commun » des actions et des perceptions permettrait d'établir des liens interpersonnels plus directs qu'avec une médiation cognitive « réflexive » (Knoblich et Sebanz, 2006 ; Van der Wel, Sebanz & Knoblich, 2012). L'équivalence représentationnelle entre soi et autrui serait la brique de base des interactions sociales (Sommerville & Decety, 2006). Les auteurs se réfèrent parfois à la notion de « représentations partagées », c'est-à-dire la possession de représentations identiques d'une situation (Sebanz, Bekkering & Knoblich, 2006). En somme, ces mécanismes peuvent être à la base de coordinations interpersonnelles plus complexes en fournissant un système de représentations nous permettant de simuler et comprendre les actions des autres (Knoblich & Sebanz, 2008 ; Sebanz & Knoblich, 2009 ; Sebanz et al., 2006 ; Schmitz, Vesper, Sebanz & Knoblich, 2017 ; Vesper, Butterfill, Knoblich & Sebanz, 2010). Ainsi, il est possible de prédire l'intention et l'organisation spatio-temporelle des mouvements des personnes avec lesquelles nous interagissons et de réaliser des coordinations interpersonnelles plus complexes. Différentes critiques ont été adressées à cette conception, et notamment celle concernant le caractère indéterminé de ces représentations qui ne permettent pas de décrire de façon concrète les processus qui sous-tendent le contrôle des coordinations interpersonnelles plus complexes, autres que celles visant à reproduire à l'identique les

mouvements d'une autre personne (Schmidt, Fitzpatrick, Caron & Mergeche, 2011). D'autres approches, comme la « théorie de l'esprit », s'appuient sur la même logique de simulation de ce que les autres pensent par le biais des représentations. En effet, dans cette dernière approche, la compréhension d'autrui nous permet de nous coordonner avec lui, c'est-à-dire que la coordination interpersonnelle repose sur la capacité des acteurs à se représenter les états mentaux d'autrui qui motivent son comportement (Baron-Cohen, 1994a, 1994b). Ainsi, la structure des interactions sociales consiste en une séquence de traitements cognitifs individuels permettant la compréhension des autres personnes. Dans cette perspective, un dysfonctionnement d'une telle « lecture de l'esprit » provoque en conséquence la mise en échec des interactions sociales et implique *in fine* une mauvaise coordination interpersonnelle.

En somme, les approches représentationnelles postulent de manière générale que la coordination interpersonnelle repose sur (a) des mécanismes de représentations symboliques des états mentaux ou du comportement d'autrui, et (b) la similarité/partage de ces représentations entre les individus qui se coordonnent.

1.1.1.3 Applications de cette approche dans le domaine du sport

Les auteurs qui ont mobilisé les approches représentationnelles en sport ont défini la coordination interpersonnelle comme un processus d'agencement des actions des membres d'une équipe (Blickensderfer, Reynolds, Salas & Cannon-Bowers, 2010 ; Eccles, 2016 ; Eccles & Tenenbaum, 2004 ; Eccles & Tran, 2012 ; Uitdewilligen, Waller & Pitariu, 2013 ; Ward & Eccles, 2006). Étant fondé sur l'approche traditionnelle du traitement de l'information humaine pour appréhender la cognition collective, les auteurs utilisent principalement des méthodologies inhérentes à ce paradigme. Les enquêtes par questionnaires ou l'analyse de protocoles verbaux sont les méthodes les plus courantes (e.g., Blickensderfer et al., 2010). Ces auteurs considèrent que le bon ajustement des actions des membres est directement relié à une activité collective plus efficiente. Ici, la notion de « relation » nécessite une réelle

élaboration. Les auteurs justifient cette élaboration par le fait que les membres d'une même équipe doivent correctement adapter leurs actions selon trois dimensions : le type, le timing et la localisation. Dans cette optique, réaliser une action collective requiert dans un premier temps que les athlètes sélectionnent une action spécifique adaptée aux attentes de leurs partenaires. Par exemple, dans un équipage de deux sans barreur en aviron, si le chef de nage (i.e., positionné à l'arrière du bateau) change brusquement sa hauteur de pelle lors de la phase retour (i.e., lorsque les pelles sont en dehors de l'eau), le rameur positionné derrière lui risque de ne pas être à la même hauteur car il n'aura sans doute pas le temps de réadapter son action. Deuxièmement, une action collective requiert souvent que ces actions spécifiques soient réalisées au bon moment. En reprenant notre exemple en aviron, le rameur positionné derrière le chef de nage (i.e., le « 2 ») peut avoir la bonne hauteur mais s'ajuster de manière trop tardive, ce qui va provoquer un léger déséquilibre latéral du bateau. Troisièmement, une action collective requiert, en plus d'être capable de réaliser ces actions spécifiques au bon moment, de se positionner de la manière la plus adaptée. Dans notre exemple, le chef de nage doit choisir la hauteur de pelle qui sera la plus simple à atteindre et maintenir pour l'ensemble de l'équipage. Dans cette perspective, les membres d'une équipe doivent être capables d'ajuster ces trois dimensions relevant d'une élaboration cognitive des membres sur leur environnement. Cette capacité à comprendre et interagir avec ses partenaires n'est possible, selon les auteurs, que grâce à un partage de connaissances construit en amont de l'activité collective en question, permettant aux individus d'avoir une représentation commune de la situation. L'asynchronie entre les objectifs individuels des membres et ceux de l'équipe impliquant un partage nécessaire non suffisant, entraîne des difficultés de coordination entre les acteurs (Eccles, 2010). En somme, la performance collective est, ici, principalement liée à la capacité des membres du collectif à interagir efficacement entre eux en mobilisant des représentations communes liées à la situation.

1.1.1.4 Critiques des approches représentationnelles

La première critique est d'ordre paradigmatique et concerne l'explication de la cognition humaine en général. Depuis les années 80, et plus particulièrement 90, d'autres paradigmes tels que le connexionnisme ou l'énaction apparaissent dans les sciences cognitives. Ces deux approches, pour ne citer qu'elles, argumentent en faveur d'une cognition sans représentations amenant des pistes explicatives sur des limites que pointaient certains chercheurs quant à la lourdeur du processus de traitement de l'information. Les approches non-représentationnelles postulent que c'est le couplage entre l'acteur et son environnement qui permet à l'acteur de réguler et d'agir efficacement dans le monde.

Les autres critiques à l'égard des approches représentationnelles renvoient à leur faible validité écologique et de certaines limites qui portent sur l'explication spécifique de phénomènes empiriques liés aux coordinations interpersonnelles (Gallagher, 2001). En effet, ces approches rendent difficilement compte de notre expérience quotidienne des interactions, c'est-à-dire la manière dont nous les vivons effectivement en acte. Ces critiques se situent globalement sur trois axes : (a) le recours aux états mentaux pour modéliser la compréhension interpersonnelle négligeant de fait la place du corps, (b) la négligence de la prise en compte de la dynamique des interactions, et enfin (c) la négligence de la dimension proprement collective des situations d'interaction.

Plus particulièrement dans le domaine du sport, les connaissances partagées ont eu tendance à dominer la recherche sur le lien existant entre les modèles mentaux et le comportement collectif. Les connaissances partagées sont toujours considérées comme condition préalable nécessaire à l'existence d'une coordination interpersonnelle, même si certains chercheurs ont suggéré que ce terme était mal défini et méritait une reformulation conceptuelle (e.g., Ward & Eccles, 2006 ; Mohammed & Dumville, 2001). De plus, les indices informatifs sont susceptibles d'être utilisés différemment par chaque individu, en

fonction de leurs caractéristiques et de chaque phase de jeu (Ward & Eccles, 2006). Ainsi, savoir « qui sait quoi » à chaque moment d'un match impliquerait une charge mentale trop importante.

En particulier, certains mécanismes se sont révélés difficiles à vérifier, comme par exemple le mécanisme permettant d'expliquer le réajustement des représentations partagées lorsque des changements de représentation se produisent chez un membre de l'équipe (Mohammed, Klimoski & Rentsch, 2000). En outre, plusieurs études n'ont pas réussi à trouver de relation entre les mesures de convergence des modèles mentaux et les différentes dimensions de la performance collective (Mohammed & Dumville, 2001). Enfin, il est difficile de considérer que les représentations existent au-delà des limites d'un organisme individuel et donc qu'elles puissent être partagées (Silva, Garganta, Araujo, Davids & Aguiar, 2013). En ce sens d'autres approches ou concepts théoriques se sont développés pour proposer une alternative à cette explication cognitiviste qui ne parvient pas à expliquer tous les phénomènes collectifs qui peuvent émerger lors de tâches collectives.

1.1.2 Approches non-représentationnelles

Dans cette perspective, deux grandes approches se sont développées en parallèle pour rendre compte des phénomènes collectifs en jeu lors d'une activité collective sans avoir recours aux représentations mentales : (a) l'approche dynamique et écologique, (b) l'approche phénoménologique.

1.1.2.1 Approche dynamique et approche écologique de la coordination interpersonnelle

Dans cette sous-partie nous présentons (a) les notions clés de l'approche dynamique et (b) l'adaptation de cette approche au niveau de la coordination interpersonnelle dans les sciences du mouvement et du sport.

1.1.2.1.1 Approche dynamique de la coordination interpersonnelle

La compréhension de la coordination interpersonnelle du point de vue de l'approche dynamique implique d'étudier les principes dynamiques qui forment les patrons de coordination interpersonnelle dans des situations quotidiennes (e.g., Kelso, 1995 ; Schmidt, Carello & Turvey, 1990). Selon l'approche dynamique, la coordination reflète une propriété d'auto-organisation, grâce à laquelle le mouvement produit n'est pas la conséquence directe d'une instruction externe. Ainsi, l'approche dynamique n'impose pas d'accéder à la cognition des individus (Schmidt et al., 2011). En effet, assez tôt la logique programmatrice ou prescriptive du contrôle moteur propre au cognitivisme a été critiquée par Bernstein (1967), au travers du problème des degrés de liberté. On peut concevoir les degrés de liberté comme des paramètres libres d'un système, c'est-à-dire ayant la possibilité de varier indépendamment les uns des autres. Dans cette optique, un programme moteur, réduit à sa définition la plus classique, se doit de réguler l'ensemble de ces paramètres, et de les ajuster en continu dans la dynamique de l'action. Ainsi, l'hypothèse d'un contrôle centralisé d'un système aussi complexe que le corps humain semble difficilement tenable. L'approche dynamique adopte un point de vue plus radical, postulant que le comportement d'un système complexe émerge d'un faisceau de contraintes, liées soit à la tâche, soit à l'organisme, soit à l'environnement (Glazier, 2015, 2017 ; Newell, 1986). Il faut comprendre par contrainte tout facteur susceptible de limiter les degrés de liberté du système, c'est-à-dire ses possibilités d'action. Par exemple, à partir d'une simple équation pendulaire Holt, Hamill et Andres (1990) sont parvenus à prédire la fréquence naturelle de marche (i.e., prédictions basées sur la taille des segments). Kugler et Turvey (1987) ont montré qu'à l'aide d'un modèle pendulaire, il était possible de prédire assez fidèlement la fréquence d'oscillation des membres lors de la locomotion chez divers animaux. A ce stade, l'objectif n'est pas de conclure que le comportement est seulement induit par un déterminisme mécanique que le système subirait

passivement. Ces travaux suggèrent plutôt qu'un contrôle cognitif, centralisé et exhaustif de la motricité est une hypothèse inutile, et que les caractéristiques essentielles du comportement du système, aussi bien au niveau individuel que collectif, résultent sans doute de processus auto-organisés. L'exemple des insectes sociaux illustre bien ces phénomènes d'auto-organisation et d'émergence dans les systèmes complexes, ici les systèmes sociaux. Le cas de la construction du nid chez les termites peut illustrer notre propos (Grassé, 1959, 1967 ; Kugler & Turvey, 1987). Kugler et Turvey (1987) ont montré que l'architecture de la termitière émergeait spontanément de l'interaction des comportements individuels de chaque termite. Ainsi, une création hautement sophistiquée peut émerger de l'interaction entre les éléments constituant le système, c'est-à-dire sans aucune planification. Ce produit, et son évolution dans le temps, sont les résultantes des contraintes pesant sur le système.

1.1.2.1.2 Approche écologique de la coordination interpersonnelle

L'approche écologique se détache de l'approche dynamique en ce sens où elle traite plutôt du cycle Perception/Action, plus que de l'auto-organisation motrice en elle-même, ainsi elle situe la focale au niveau du couplage acteur-environnement. Cette approche n'exclut pas le fait que les individus ont des intentions, des attentes et des états mentaux impactant la coordination interpersonnelle, mais cherche plutôt à expliquer ce phénomène en considérant que l'être humain est un système complexe constitué de plusieurs sous-systèmes (e.g., nerveux, physiologique, psychologique), que ses actions ont lieu dans un contexte particulier et changeant (e.g., aspect sociaux, culturels, climat), et qu'une théorie de la dynamique de l'auto-organisation est nécessaire pour comprendre la complexité de ces composants interactifs (Kelso, 1995 ; Marsh et al., 2009). Autrement dit, la conception de l'être vivant comme un système auto-organisé introduit l'idée qu'il est plus pertinent d'observer la manière dont les acteurs interagissent (e.g., observer la signature comportementale de l'interaction et sa transformation dynamique) plutôt que de chercher des partages de contenus cognitifs.

L'approche éco-dynamique (Araujo, Davids, & Hristovski, 2006 ; Vilar, Araújo, Davids, & Button, 2012) prend au sérieux l'incarnation de la cognition et la relation de couplage entre l'acteur et son environnement (Richardson, Shockley, Fajen, Riley & Turvey, 2008). En adoptant la perspective d'un couplage acteur-environnement (Järvillehto, 2009 ; Richardson et al., 2008), l'approche éco-dynamique propose que la connaissance du monde repose sur des processus récurrents de perception et d'action par lesquels les humains perçoivent des affordances (i.e., possibilités d'action ; Gibson, 1979).

En effet, l'individu est inscrit dans son environnement. L'interaction entre d'une part, les caractéristiques de l'individu, son action actuelle et d'autre part, les propriétés du contexte environnemental, déterminent en commun la nature des sollicitations offertes et leur valeur adaptative. Par exemple, concernant les caractéristiques de l'individu, selon la taille d'un individu un cours d'eau peut constituer un simple obstacle à enjamber ou un milieu offrant une protection contre ses prédateurs. En ce qui concerne l'action en cours de réalisation, Gibson a montré que le flux optique constituait une affordance essentielle dans la locomotion (Gibson, 1979). Un aspect essentiel à considérer est le caractère non symbolique des affordances. Une sollicitation provenant d'une propriété de l'environnement et ayant une valeur adaptative pour l'individu est perçue de manière directe par ce dernier, compte tenu de ses caractéristiques biomécaniques et sensori-motrices. Une affordance est avant tout une perception, directement disponible dans un environnement, permettant une adaptation immédiate de l'individu sous la forme d'une action prenant en compte cette perception, c'est-à-dire sans inférence ou traitement cognitif. L'intégration de l'affordance dans la boucle perception-action ne nécessite pas de médiateurs cognitifs relevant de signes, dont la sémantique serait stockée dans une mémoire déclarative (Richardson et al., 2008).

En étendant cette idée à un niveau interpersonnel, l'approche éco-dynamique prédit que la présence d'autrui étend les affordances réalisables par les individus à des possibilités

d'actions réalisables par les groupes. Par conséquent, un système interpersonnel peut être considéré comme une nouvelle entité avec de nouvelles capacités, et l'émergence d'une telle synergie sociale semble prévisible en s'appuyant sur la théorie de l'affordance (Gibson, 1979 ; Marsh et al., 2009). En effet, les affordances peuvent être perçues par un groupe d'individus qui s'est entraîné à les percevoir (Silva et al., 2013). Dans les sports collectifs, les deux équipes ont le même objectif (i.e., surpasser l'opposition et gagner). Par conséquent, la perception des affordances collectives agit comme une pression de sélection pour surpasser l'équipe adverse et obtenir ainsi de bonnes performances (Reed, 1996). En ce sens, les affordances collectives sont soutenues par les objectifs communs des membres de l'équipe qui coopèrent pour la réussite du groupe. Dans cette perspective, la coordination interpersonnelle dépend de la capacité collective de l'équipe à partager des affordances fondées au préalable sur un arrière-plan d'échanges informationnels verbaux et/ou non-verbaux (Silva et al., 2013). Grâce à la pratique, les joueurs s'adaptent au fur et à mesure aux affordances produites par les autres et à celles produites pour les autres au cours des compétitions, et affinent leurs actions (Craig & Watson, 2011 ; Fajen, Riley & Turvey, 2009) en ajustant leurs comportements pour s'adapter de manière fonctionnelle aux autres coéquipiers et à leurs adversaires. Ce processus leur permet d'agir de manière synergique par rapport aux objectifs spécifiques de l'équipe (Araujo & Davids, 2016). Une question importante concerne l'explication de la façon dont les affordances pour l'interaction interpersonnelle sont sélectionnées dans un monde offrant de multiples possibilités (Beek, 2009 ; Withagen, de Poel, Araujo & Pepping, 2012 ; Withagen, Araujo & de Poel, 2017). En effet, le fait que les individus soient couplés ne renseigne pas sur la nature des affordances perçues ni sur les sources d'information contraignant ce lien.

En somme, la coordination interpersonnelle est, ici, un processus dynamique interactionnel entre au moins deux systèmes auto-organisés duquel émergent certaines structures de coordination (i.e., « *pattern* ») identifiables à un niveau interpersonnel

d'organisation. Cette approche s'appuie essentiellement sur des données quantitatives et rend ainsi compte d'une description en troisième personne de la coordination interpersonnelle (i.e., témoigne du point de vue du chercheur qui décrit un phénomène observable et mesurable de l'activité).

1.1.2.2 Approche phénoménologique de la coordination interpersonnelle

1.1.2.2.1 Définition et petit détour historique

La phénoménologie consiste en une analyse directe de l'expérience vécue par un sujet permettant de comprendre la structuration des phénomènes tels qu'ils sont vécus. Initialement élaborée en tant que théorie philosophique, elle a été « reprise » et « réinterprétée » dans une certaine vision du constructivisme (Von Glasersfeld, 1984), et suggère une vision du monde dans lequel la réalité est multiple car le rapport au monde est propre à chaque individu. En prenant cette posture les chercheurs de ce champ tentent de reconstruire le phénomène qui s'est produit (e.g., une course en aviron ; Saury, Nordez & Sève, 2010 ; Sève, Nordez, Poizat & Saury, 2012) au filtre des différentes expériences vécues des acteurs qui ont contribué à produire ledit phénomène. Cette analyse demande donc au chercheur de rendre compte de la réalité du sujet telle qu'il la vit de son point de vue (Petitmengin, 2006, 2007, 2009 ; Petitmengin, Bitbol, Nissou, Pachoud, Curalluci, Cermolace & Vion-Dury, 2009). L'objectif étant, ici, de décrire en première personne l'activité de l'acteur (i.e., intégrer dans l'analyse le point de vue de l'acteur tel qu'il rend compte de sa dynamique interne) (Vermersch, 2010).

Dans cette perspective, William James (1890) a contribué à l'élaboration de cette approche, sans toutefois en être le fondateur, en proposant une psychologie « pragmatique », « empirique », c'est-à-dire une psychologie dite « descriptive ». En effet, James a fortement inspiré Husserl notamment en soulignant qu'il fallait « *dépsychologiser la psychologie* » (Benoist, 2006) car pour James le psychologue peut tomber dans « le grand piège » qui est de

confondre « *son propre point de vue et celui du fait mental sur lequel il fait son rapport* » (James, 1890 ; ch., VII, vol. 1, p.196).

Par la suite, Edmund Husserl a donc fondé son approche phénoménologique en reprenant l'idée de la théorie de la « frange » des objets de James appelée « structure d'horizon » (i.e., un halo perceptif) par Husserl. Cette structure d'horizon correspond au fait que chaque objet est perçu avec sa « frange » de relations qui est dans un sens une partie de l'objet comme un continuum des « affinités inarticulées » qui l'accompagnent (Benoist, 2006 ; Husserl, 1913, 1928, 1952). Husserl développera par la suite ses travaux autour des notions d'horizon interne, c'est-à-dire la manière dont un sujet perçoit un objet avec tout ce qu'il signifie pour lui, et la notion d'horizon externe qui est, à l'opposé, la relation qu'un objet entretient avec l'ensemble des éléments de son environnement (Husserl, 1928).

Merleau-Ponty (1945), s'est distingué de l'approche phénoménologique telle qu'elle avait été définie par Husserl en postulant un primat à la perception. Ainsi, il ne postule pas que « toute conscience est conscience de quelque chose » comme Husserl mais que « toute conscience est conscience perceptive ». Ainsi, la notion d'horizon interne a été reprise sous le terme de « perspective propre ». Par conséquent, une analyse pertinente de l'activité cognitive d'un individu devrait prendre en compte la dynamique interne de l'acteur, c'est à dire sa perspective propre, son histoire et ses projections. Dans cette vision de la phénoménologie, l'individu n'est pas un simple récepteur d'informations provenant de l'environnement dont nous formons une représentation « à l'intérieur » (i.e., approche représentationnelle) mais bien que l'individu est « jeté au monde » (Merleau-Ponty, 1945), il fait partie du monde et n'a donc pas besoin d'y accéder via des représentations (Maturana & Varela, 1994 ; Varela, Thompson et Rosch, 1993). Comme le dit Penelaud (2010) « *l'organisme, en même temps qu'il se spécifie, spécifie son environnement, il n'est donc jamais coupé du monde : ils co-adviennent simultanément, reliés l'un à l'autre par leur couplage structurel. En d'autres*

termes, l'organisme appartient au monde car il est composé des mêmes éléments et soumis aux mêmes principes et contraintes que lui (i.e., aux constantes universelles et à l'entropie) » (Penelaud, 2010, p.18). Toutefois, l'organisme se détache de ce qui devient par la suite son arrière-plan, par l'expression d'un processus producteur (i.e., le soi, la cognition), lui donnant son autonomie organisationnelle. Ici, la cognition est une action, celle de faire émerger à la fois le monde et le sujet, Varela propose le terme « *d'énaction [de l'anglais to enact : susciter, faire advenir, faire émerger], dans le but de souligner la conviction croissante selon laquelle la cognition, loin d'être la représentation d'un monde pré-donné, est l'avènement conjoint d'un monde et d'un esprit à partir de l'histoire des diverses actions qu'accomplit un être dans le monde* » (Varela et al., 1993, p. 35).

En somme, l'approche phénoménologique rejette l'idée de « représentation » du monde, l'individu est jeté dans le monde, c'est-à-dire que son expérience est le monde et non sa représentation (Depraz, Varela & Vermersch, 2003). Le monde « réel » objectif n'existe pour personne, même s'il nous perturbe. En effet, chacun a une perception directe, mais cette perception n'est pas une perception du réel, mais une perception de soi dans le monde (i.e., notion de monde-propre).

1.1.2.2.2 L'expérience des acteurs comme objet d'étude

Dans une approche phénoménologique, la compréhension partagée en situation est donc co-construite par un processus progressif de convergence des mondes propres, ce processus constituant ce qu'est la cognition collective (De Jaegher & Di Paolo, 2007). Dans cette veine, certains travaux de recherche empirique s'appuient sur l'idée que la compréhension partagée est un phénomène intersubjectif, c'est-à-dire une articulation des activités individuelles dans un monde signifiant potentiellement partagé (du fait d'une culture commune, ou d'interactions situées créant partiellement ce partage de sens).

Par exemple, dans le domaine du sport, Lund et ses collaborateurs (Lund, Ravn & Christensen, 2012) ont étudié une situation de coordination en aviron (i.e., deux de couple). Ils ont ciblé leur analyse phénoménologique sur l'expérience vécue par des rameurs apprenant à synchroniser leurs activités respectives. Ils ont montré que l'apprentissage de l'activité collective était un processus d'incorporation mutuelle d'habiletés co-dépendantes, organisées autour de l'expérience partagée de ce qu'était le « bon rythme » pour ramer ensemble.

Toutefois, sans être exhaustif sur ces travaux, il existe peu d'études qui s'appuient sur une réelle théorie de la cognition collective comme résultant de l'articulation des constructions de significations des individus. Pourtant l'approche éactive des couplages sociaux (De Jaegher & Di Paolo, 2007 ; Froese & Di Paolo, 2011) vise à intégrer des descriptions expérientielles des activités individuelles, ainsi que la description de la manière dont les membres coordonnent leurs perspectives propres pour tenter d'aboutir à un processus conjoint de co-construction de significations partagées. En sport, quelques travaux se sont attachés à comprendre et décrire l'activité collective des acteurs en articulant les activités et significations de chacun comme en voile (Saury & Testevuide, 2004), en tennis de table (Poizat, Sève, Serres & Saury, 2008 ; Poizat, Bourbousson, Saury & Sève, 2009 ; Sève, Poizat, Saury & Durand, 2006), en basketball (Bourbousson, Poizat, Saury & Sève, 2008, 2010, 2011a, 2011b ; Bourbousson, R'Kiouak & Eccles, 2015) ou encore en aviron (Lund, Ravn & Christensen, 2012).

En somme, l'activité collective résulte de l'agencement des mondes propres des acteurs mais aussi de leur agentivité, c'est-à-dire de leur capacité à interagir avec l'environnement pour le transformer et être amené à partager tout ou partie de celui-ci avec autrui.

1.2 Deux focales alternatives pour appréhender la coordination interpersonnelle : Primat à la planification ou au couplage situationnel

Cette deuxième partie a pour ambition de caractériser les approches selon lesquelles est étudiée l'activité de deux personnes ou plus qui coordonnent leurs actions dans l'espace et le temps pour produire un résultat commun. Cette activité de coordination est appelée une « action conjointe » (i.e., *joint action*) encore appelée activité commune ou production collective. Les processus perceptifs, cognitifs et moteurs qui permettent aux individus de coordonner leurs actions avec d'autres ont reçu une attention croissante au cours des deux dernières décennies (e.g., Knoblich & Sebanz, 2006, 2008 ; Marsh, Richardson & Schmidt, 2009 ; Mottet, Guiard, Ferrand & Bootsma, 2001 ; Shockley, Santana & Fowler, 2003). Nous pouvons ainsi distinguer deux angles différents pour appréhender un même phénomène qu'est la coordination interpersonnelle : l'étude de la coordination interpersonnelle comme processus planifiée (ou « coordination planifiée ») et l'étude de la coordination interpersonnelle comme dynamique et émergente (ou « coordination émergente »).

Dans la coordination planifiée, le comportement des acteurs est décrit comme relevant de représentations qui spécifient les productions de l'action conjointe souhaitée et la part propre de chaque acteur dans la réalisation de ces résultats. Dans cette perspective, la manière dont les acteurs spécifient la tâche des autres acteurs, leurs perceptions ou encore leurs connaissances peut grandement varier d'un individu à l'autre. Dans une dyade, un acteur peut, par exemple, essayer de prédire les motivations ou les pensées d'un partenaire ou simplement attendre une action particulière de sa part.

Dans la coordination émergente, le comportement coordonné de partenaires se produit en raison de leur couplage acteur/environnement (i.e., les changements dans la structure du système sont couplés avec les changements de son environnement) en situation, qui fait que plusieurs individus agissent de manière congruente en marge des plans communs préexistant.

Dans cette perspective, les agents peuvent traiter les indices perceptuels et moteurs de la même manière que l'autre. En effet, deux acteurs distincts peuvent commencer à agir en tant qu'entité unique (Marsh et al., 2009) car les acteurs sont guidés par des processus communs utilisant les mêmes repères et les mêmes routines motrices lorsqu'ils sont engagés dans une situation commune nécessitant de se coordonner avec autrui.

1.2.1 Planifier la coordination interpersonnelle avec autrui

Dans le champ des sciences du sport, Eccles et ses collaborateurs (Eccles & Johnson, 2009 ; Eccles & Tenenbaum, 2004, 2007 ; Eccles & Tran, 2012 ; Eccles & Tran Turner, 2014) ont proposé un cadre théorique et méthodologique qui visait à étendre l'étude des contenus cognitifs individuels (e.g., description des connaissances nécessaires à l'expertise individuelle), à celle des conditions cognitives de la coordination au sein des équipes. Cette approche cognitive appréhendait l'activité collective sur la base d'un ensemble de mécanismes cognitifs individuels permettant de comprendre comment la coordination interpersonnelle s'opérait. Les coordinations entre les membres du collectif nécessitent de la part des individus des mécanismes inférentiels (i.e., le partage de connaissances). Les connaissances partagées (shared knowledge) sont appréhendées comme le facteur cognitif majeur qui permettait à des partenaires de construire une compréhension partagée de la situation (shared understanding), de générer des attentes partagées (shared expectations), d'adopter des comportements compatibles et ainsi d'agir comme une équipe experte.

Dans cette approche, quand les individus au sein d'une équipe ont seulement connaissance de la façon d'agir dans la tâche donnée (i.e., connaissance de la tâche), ils adoptent un fonctionnement indépendant en poursuivant des buts individuels plutôt que collectifs, alors la coordination interpersonnelle qui peut en résulter est dite pauvre (Eccles, 2016). Cependant, dès lors que les membres de l'équipe ont une connaissance partagée de la façon dont l'équipe et ses constituants vont accomplir la tâche, tous les membres de l'équipe

peuvent alors s'appuyer sur cette même connaissance (i.e., connaissance du fonctionnement collectif) pour effectuer la tâche, améliorant ainsi les possibilités de coordination interpersonnelle de l'équipe (i.e., construction d'un référentiel commun). Il existe dans cette littérature deux manières d'aborder les connaissances partagées permettant d'améliorer la coordination interpersonnelle : le partage des connaissances (a) établit en amont d'une tâche sportive, et établit et adapté durant la tâche sportive (Eccles & Tran Turner, 2014). Nous discuterons uniquement dans cette partie de la première manière d'appréhender les connaissances partagées, qui est privilégiée dans l'approche cognitive.

Préalablement à une tâche sportive, les équipes acquièrent des connaissances partagées concernant la manière dont l'équipe et ses membres performant dans cette tâche via deux moyens. Les connaissances partagées se construisent (a) au fil de la pratique par l'équipe lors des entraînements et des compétitions ou (b) par une planification explicite (e.g., un système de jeu).

1.2.1.1 Les connaissances partagées construites dans la pratique

Les connaissances partagées acquises au fil de la pratique commune intègrent essentiellement des connaissances relatives aux « probabilités situationnelles », c'est-à-dire les connaissances relatives aux actions que les membres de l'équipe sont susceptibles de produire en réponse à une situation et un contexte de jeu donnés. Ces connaissances sur les « probabilités situationnelles » peuvent ainsi se construire en pratiquant le sport en général ou en jouant dans une équipe spécifique.

Concernant les connaissances qui se construisent dans la pratique du sport en général, les joueurs apprennent lors de la pratique non compétitive et compétitive de leur sport pour construire des connaissances rendant compte de principes « généraux » de jeu applicables au sein de n'importe quelle équipe (i.e., des connaissances transférables d'une équipe à une autre). Par exemple, intéressons-nous à une équipe de basketball nouvellement formée dont

les membres ont déjà joué au basketball sans jamais avoir joué dans la même équipe. L'expérience accumulée par les joueurs en pratiquant le basketball permettra à tous les membres de l'équipe de réagir de la même manière lorsqu'un joueur de l'équipe marquera un panier face à l'équipe adverse, l'ensemble des joueurs se préparera à défendre pour gêner la progression des adversaires.

Dans une équipe spécifique, établie depuis un certain temps, les joueurs, ayant joué régulièrement ensemble, viennent à connaître plus spécifiquement ce que leur équipe et les membres de leur équipe sont censés faire dans une situation particulière (Eccles, 2016). Par exemple, si nous nous intéressons ici à une équipe de basketball formée de joueurs pratiquant ensemble depuis plusieurs années, ils auront construit des connaissances partagées plus spécifiques telles que par exemple « en fin de match, c'est tel joueur qui va prendre le tir car c'est lui qui réussit le plus souvent dans cette situation ». Dans cette perspective, les entraîneurs proposent souvent des situations réduites à l'entraînement (e.g., 2c1, 3c2, ...) pour accélérer l'apprentissage de ces connaissances partagées en lien avec leur équipe et leurs partenaires. Ces situations aménagées, requérant que les joueurs se coordonnent avec leurs partenaires, permettent aux joueurs d'apprendre à identifier et « jouer » ces situations dans un match compétitif (Blickensderfer, Reynolds, Salas, & Cannon-Bowers, 2010).

Pour résumer, la coordination interpersonnelle est ici définie comme une prescription du partage, c'est-à-dire que la coordination interpersonnelle entre les membres s'opérationnalise grâce à l'agencement de prises de décisions individuelles, elles-mêmes basées sur des connaissances partagées construites/préscrites en amont. L'amélioration de la coordination interpersonnelle suppose, à terme, un accroissement de la similarité des interprétations réalisées par les partenaires, similarité permise par un partage important et stable de connaissances chez les joueurs.

1.2.1.2 Les connaissances partagées construites par la planification de l'action

Les connaissances partagées peuvent aussi être acquises avant une compétition via un plan de jeu explicite. Dans ce cadre, les entraîneurs dispensent souvent des informations à propos des actions attendues de leur équipe (e.g., système de jeu, stratégie de course) en communiquant des plans d'actions à leurs joueurs. Ces plans d'actions sont la plupart du temps transmis oralement, graphiquement (e.g., sur un tableau ou une plaquette) ou encore en plaçant les joueurs sur le terrain lors des entraînements. La planification peut avoir lieu à différents niveaux de fonctionnement de l'équipe (Hayes-Roth & Hayes-Roth, 1979). Au niveau le plus général, les réalisations attendues de l'équipe peuvent être liées au résultat tel que « faire un temps inférieur à 6 minutes 50 lors d'une course » en aviron. La planification à ce niveau implique une intention à propos des résultats à atteindre. Au niveau sous-jacent, la planification correspond à l'anticipation explicite des comportements à adopter pour atteindre un résultat, comme « allonger les coups de rame » par exemple. Ici, la décision concernant la manière d'atteindre l'objectif est appelée un schéma de jeu (Eccles, 2016). A un niveau encore inférieur, la planification donne lieu à des procédures aussi appelées stratégies. Ces procédures constituent des séquences spécifiques d'actions telles qu' « attaquer dans le troisième 500 m » en aviron. Au niveau le plus bas, les opérations constituent des actions au niveau microscopique telles que « Le chef de nage doit maintenir une cadence stable pendant la course ».

Bien que la planification puisse se produire à n'importe quel niveau, les plans impliquant seulement des niveaux supérieurs imposent peu de contraintes sur la façon dont ce plan pourrait être mis en œuvre à des niveaux inférieurs. Par exemple le fait de « maintenir une cadence » offre peu de contraintes spécifiques sur les sélections momentanées des

rameurs au niveau opérationnel pendant la course, ce qui permet aux rameurs de faire preuve de souplesse dans l'utilisation d'actions au niveau microscopique pour maintenir la cadence.

Le résultat de (a) pratiquer un sport en général, (b) jouer dans une équipe spécifique, et (c) créer et exécuter des plans d'équipe engendre une forme relativement établie et stable de connaissances partagées. Ces connaissances partagées en amont d'un match forment une ressource cognitive que les membres de l'équipe peuvent utiliser lors de la rencontre pour assurer la coordination interpersonnelle. Prenons l'exemple d'un bloc défensif au volleyball. Les mouvements et les actions des joueurs sont planifiés par un entraîneur puis discutés avec les joueurs en fonction des profils de chacun. Le système de jeu est ensuite ajusté par l'entraîneur qui soit dessine les ajustements à opérer sur un tableau blanc, soit projette une séquence vidéo du plan de jeu exécuté par l'équipe adverse aux joueurs pour leur permettre de réajuster leurs connaissances partagées. Ensuite, les joueurs répètent pendant la pratique la stratégie mise au point. L'entraîneur fournit des commentaires et les joueurs pratiquent jusqu'à ce qu'ils retiennent le système de jeu et se sentent à l'aise pour exécuter le plan. À ce stade, chaque joueur impliqué dans le système sait : (a) quand agir ; (b) quelles actions il est supposé effectuer au sein du système ; et (c) comment ses propres actions sont en relation avec celles de ses coéquipiers. Ainsi, les coordinations interpersonnelles s'appuyant sur ces connaissances partagées sont dites « implicites » (Wittenbaum, Stasser, & Merry, 1996). Elles sont moins coûteuses que l'utilisation de communications explicites, et constitueraient un des processus majeurs de l'expertise collective.

1.2.2 Se coordonner à autrui dans le couplage situationnel

Dans la coordination émergente, le comportement coordonné des acteurs se produit en raison de leur couplage acteur/environnement qui fait que plusieurs individus agissent de manière congruente sans s'appuyer sur des plans communs préexistants ou des connaissances partagées. Cette coordination dite émergente peut se caractériser sous deux formes bien

distinctes : (a) la coordination interpersonnelle émergente non-intentionnelle et (b) la coordination interpersonnelle émergente intentionnelle. Dans le premier cas, nous faisons référence aux phénomènes que l'on peut observer dans la vie quotidienne comme lorsque deux ou plusieurs personnes discutent, applaudissent ou marchent ensemble (Néda, Ravasz, Brechet, Vicsek, & Barabási, 2000 ; Néda, Ravasz, Vicsek, Brechet, & Barabási, 2000 ; Nessler & Gilliland, 2009, 2010 ; Shockley, Santana, & Fowler, 2003 ; van Ulzen, Lamoth, Daffertshofer, Semin, & Beek, 2008, 2010).

Dans ces situations, même si les différents acteurs impliqués n'ont pas pour but de se coordonner, leurs mouvements tendent spontanément à se coordonner par intermittence. Ce phénomène s'explique différemment selon l'approche théorique dans laquelle on se positionne. Dans cette partie, nous tacherons de donner un aperçu des hypothèses quant à l'apparition de cette coordination interpersonnelle émergente non-intentionnelle dans les activités humaines. Dans le second cas, nous faisons référence à la coordination interpersonnelle telle qu'elle est le plus communément pensée, c'est-à-dire, celle qui concerne les situations dans lesquelles les acteurs essaient intentionnellement de se coordonner pour produire une activité collective cohérente et efficace.

1.2.2.1 Inéluctable : La coordination interpersonnelle due aux neurones miroirs

Depuis l'œuvre de William James publié en 1890, l'approche cognitive considère que nos actions sont associées de façon intrinsèque à l'observation. Dans cette approche, une des idées majeures est le fait qu'un individu qui observe une action effectuée par une tierce personne active son système moteur normalement impliqué dans l'exécution de cette tâche (Jeannerod, 1994 ; Prinz, 1997). La découverte des neurones « miroirs » chez le singe a été à l'origine d'un intérêt croissant des chercheurs pour cette théorie (Gallese, Fadiga, Fogassi, & Rizzolatti, 1996). En effet, l'étude de Gallese et collaborateurs (1996) a montré que ces

neurones s'activaient lorsque le singe exécutait une action spécifique mais aussi lorsqu'il observait cette même action. Depuis de nombreuses études utilisant les nouvelles technologies comme par exemple l'imagerie par résonance magnétique fonctionnelle (IRMf) ou encore l'électroencéphalographie (EEG) ont montré qu'un système miroir équivalent pourrait exister chez l'homme (Buccino et al., 2001 ; Muthukumaraswamy, Johnson, & McNair, 2004). Il est ainsi considéré selon l'approche cognitive qu'il existe un codage commun pour la perception et l'action.

Pour les chercheurs de ce courant de recherche ce codage commun pour la perception et l'action a des conséquences comportementales observables au niveau du système moteur. Pendant l'observation d'une action, une augmentation du potentiel évoqué moteur des muscles que le participant utilise pour réaliser cette même action a été observée (Aglioti, Cesari, Romani & Urgesi, 2008 ; Fadiga, Fogassi, Pavesi, & Rizzolatti, 1995). Dans la même veine de travaux, des études ont montré que le temps de réaction pour initier le mouvement d'une main était plus rapide après qu'un individu ait réalisé ce mouvement sous nos yeux (Craighero, Bello, Fadiga, & Rizzolatti, 2002). Comme nous l'avons vu plus haut, cela suggère que pendant l'observation de l'action, le système neuronal impliqué pour réaliser cette même action est préalablement activé (Jeannerod, 1994 ; Prinz, 1997). Il est ainsi considéré que l'observation d'une action similaire à celle réalisée est à l'origine d'une facilitation motrice (Fadiga et al., 1995).

Dans cette veine de travaux, la coordination interpersonnelle émergente non-intentionnelle est assimilée à une action de mimétisme « accidentel » : en voyant l'autre en activité nous activons involontairement les systèmes neuronaux qui tendent à calquer cette même activité. Ainsi, le système miroir serait au centre des interactions entre la perception et l'action jouant un rôle majeur dans les processus sous-jacents de la coordination de nos mouvements dans le temps et l'espace avec d'autres personnes (Knoblich & Sebanz, 2008 ;

Sebanz & Knoblich, 2009 ; Sebanz, Bekkering, & Knoblich, 2006). Les concepts de cette approche, comme la facilitation motrice, semblent pouvoir expliquer les coordinations motrices interpersonnelles simples dans lesquelles nos mouvements reproduisent à l'identique ceux d'une autre personne.

1.2.2.2 La coordination interpersonnelle non-intentionnelle comme émergent de processus auto-organisés

Dans le domaine du sport, l'approche dynamique de la coordination interpersonnelle a interrogé la présence d'une coordination non-intentionnelle, notamment lors de l'épreuve reine en athlétisme (i.e., sprint : 100m). Cette tâche individuelle est dite « co-active » en ce sens où les athlètes n'ont pas pour but d'être en interaction avec leurs adversaires mais sont pour autant amenés à produire le même geste que leurs concurrents. Lors de ces sports co-actifs, l'interférence de la motricité d'un coureur avec celle d'un concurrent, pourtant entraîné à produire et maintenir une coordination préférentielle, est encore mal expliquée. L'étude de Varlet et Richardson (2015) sur le 100m, où Usain Bolt bat le record du monde en 9.58s, a suggéré que ces interférences pouvaient résulter de la capacité des athlètes à synchroniser involontairement ou spontanément leurs mouvements avec ceux de leurs concurrents. En effet, cette étude a démontré qu'Usain Bolt et Tyson Gay se synchronisaient spontanément et par intermittence durant la course, malgré le fait que ces deux sprinters n'aient pas la même fréquence préférentielle de course.

L'approche dynamique considère la coordination interpersonnelle dans le temps et l'espace de nos mouvements avec d'autres personnes comme émergent de processus perceptivo-moteurs auto-organisés (e.g., Kelso, 1995 ; Kugler & Turvey, 1987 ; Schmidt & Richardson, 2008). Dans cette perspective, les acteurs sont considérés comme des systèmes complexes et auto-organisés produisant des patrons de mouvement émergents, qui apparaissent et se transforment spontanément, et étant ouverts sur la dynamique de

perturbations de leur environnement. Sans entrer dans les détails, cette approche postule que les acteurs construisent un rythme préférentiel, qui a lieu sans faire appel au concept de soi (Kelso, 2016). Les mouvements de deux ou plusieurs individus peuvent alors se synchroniser de façon spontanée et intermittente quand ces individus sont couplés via des informations perceptuelles (e.g., visuelles, auditives) avec d'autres individus (e.g., Richardson, Marsh, Isenhower, Goodman, & Schmidt, 2007 ; Shockley et al., 2003).

Ainsi, ce processus d'enrôlement/entraînement (« entrainement ») surviendrait de façon privilégiée lors de tâches dans lesquelles les acteurs sont amenés à produire des mouvements similaires. Une grande majorité d'entre nous a déjà vécu cet effet lors de la marche. En effet, en marchant côte à côte avec quelqu'un, nous tendons à adopter une fréquence de marche commune. Dans ce cas, un individu qui se déplace naturellement à une fréquence plus rapide a tendance à marcher spontanément à une fréquence plus lente, et inversement (Nessler & Gilliland, 2009 ; van Ulzen, Lamoth, Daffertshofer, Semin, & Beek. 2008).

Dans ces deux parties nous avons pointé la capacité des individus à se coordonner de manière non-intentionnelle. Toutefois, rien ne dit que cette coordination non-intentionnelle n'est pas consciente (i.e., que les sujets n'en font pas l'expérience). Les coordinations interpersonnelles émergentes non intentionnelles ne sont pas initiées de manière consciente mais peuvent donner lieu à expérience – c'est d'ailleurs cette expérience de l'enrôlement qui a permis au lecteur de se projeter dans la situation de marche simultanée. Une question reste cependant ouverte quant à l'impact de cette prise de conscience dans le cadre des coordinations interpersonnelles émergentes non intentionnelles.

1.3 Des objets d'études contrastés : Entre coordination spontanée et coordination régulée activement

Dans cette partie, nous essayons de présenter la manière dont historiquement les concepts de coordination interpersonnelle « spontanée » (i.e., non intentionnelle) et de

coordination interpersonnelle régulée (i.e., intentionnelle) ont été appréhendés dans les sciences du sport et du mouvement.

1.3.1 La coordination interpersonnelle spontanée, un objet d'étude privilégié par les approches non-représentationnelles

L'étude de la coordination interpersonnelle assimilée à un phénomène dynamique résulte de la découverte de formes complexes d'organisation semblables à celles observées dans une grande diversité de systèmes qui émergent de simples échanges d'informations entre leurs différents composants (e.g., neurones, insectes, animaux) (Strogatz, 2003). Pour comprendre l'origine des approches non-représentationnelles dans l'étude des coordinations interpersonnelles émergentes, il faut revenir à l'arrivée des concepts et méthodes de l'approche dynamique dans le domaine des sciences du mouvement, plus particulièrement appliqués à l'étude des coordinations intrapersonnelles (i.e., coordinations entre différents segments corporels d'une même personne). En accord avec la nature souvent périodique des activités motrices humaines (e.g., mouvements de la posture ou de la locomotion), l'approche dynamique s'est principalement intéressée aux coordinations intrapersonnelles dans des tâches rythmiques. Plus particulièrement, c'est au travers de l'étude des coordinations bimanuelles qu'elle a d'abord établi son heuristique (e.g., Kelso, 1984 ; Kelso, Holt, Rubin, & Kugler, 1981 ; Kelso & Schöner, 1988 ; Peper, Beek, & van Wieringen, 1995 ; Riley, Santana, & Turvey, 2001 ; Schmidt, Shaw, & Turvey, 1993 ; Scholz, Kelso, & Schöner, 1987). Elle a permis de mettre en évidence que les processus perceptivo-moteurs qui sous-tendent la coordination des mouvements rythmiques de nos deux mains sont semblables aux processus dynamiques observés dans les systèmes d'oscillateurs couplés (Fuchs, Jirsa, Haken, & Kelso, 1996 ; Haken, Kelso, & Bunz, 1985 ; Peper & Beek, 1999 ; Schöner, Haken, & Kelso, 1986). Cela a par la suite été démontré pour les coordinations intrapersonnelles qui sous-tendent l'efficacité d'autres activités telles que la marche (Kao, Ringenbach, & Martin,

2003), ou encore la réalisation d'oscillations posturales (Bardy, Marin, Stoffregen, & Bootsma, 1999 ; Bardy, Oullier, Bootsma, & Stoffregen, 2002 ; Marin, Bardy, & Bootsma, 1999 ; Oullier, Bardy, Stoffregen, & Bootsma, 2002 ; Varoqui, Froger, Lagarde, Pélissier, & Bardy, 2010).

Ce n'est que quelques années plus tard que cette similarité de processus a été démontrée pour la coordination interpersonnelle entre les mouvements rythmiques des jambes de deux personnes (Schmidt, Carello, & Turvey, 1990), puis dans d'autres situations expérimentales impliquant une coordination interpersonnelle entre les mouvements des mains (Amazeen, Schmidt, & Turvey, 1995 ; Richardson, Marsh, & Schmidt, 2005 ; Schmidt & O'Brien, 1997 ; Schmidt & Turvey, 1994 ; Schmidt, Bienvenu, Fitzpatrick, & Amazeen, 1998), ou encore des doigts (Gipson, Gorman & Hessler, 2016 ; Gorman, Amazeen, Crites & Gipson, 2017 ; Oullier, de Guzman, Jantzen, Lagarde, & Kelso, 2008 ; Tognoli, Lagarde, DeGuzman, & Kelso, 2007).

Cet aperçu de la littérature montre que la coordination interpersonnelle spontanée a été essentiellement étudiée dans le cadre d'approches non-représentationnelles (e.g., l'approche des systèmes dynamiques).

1.3.2 La régulation active de la coordination interpersonnelle, un objet d'étude privilégié par les approches représentationnelles

Dans la littérature, le fait de réguler son activité, c'est-à-dire d'avoir une influence sur son mouvement afin de l'adapter à la situation proposée, est relativement ancré dans les approches représentationnelles. En effet, la régulation de l'activité collective est souvent assimilée (a) à l'activation d'un plan préétabli (i.e., planification) qui est exécuté suite aux informations perçues, et/ou (b) à l'utilisation de représentations des acteurs sur leur activité, leurs partenaires ou encore sur leur environnement permettant d'adapter leur activité en fonction de celles des autres (i.e., coordination interpersonnelle intentionnelle). Dans la

littérature, la notion de schéma mental (i.e., partagé entre les membres) en direction de leur mobilisation/adaptation en situation collective de fonctionnement a été prolifique. Dans cette veine de travaux, les concepts de team situation awareness (Salas, Prince, Baker, & Shrestha, 1995), de shared awareness (Fiore & Salas, 2004) ou encore shared task representations (Atmaca, Sebanz, Prinz, & Knoblich, 2008 ; Knoblich, Butterfill & Sebanz, 2011 ; Sebanz, Knoblich, & Prinz, 2003) ont été parmi les plus mobilisés dans l'étude de la régulation/adaptation intentionnelle de l'activité des acteurs pour produire une activité collective. Toutefois, ces concepts restent fortement ancrés dans la tradition représentationnelle d'étude de la cognition humaine (e.g., Knoblich, et al., 2011). Par exemple, Knoblich et ses collègues (2011) montrent, sur la base de preuves comportementales et d'imageries cérébrales, que les humains régulent leur activité collective en se représentant non seulement leurs propres tâches, mais aussi celles de leurs partenaires. Les individus peuvent même se représenter les tâches de personnes avec lesquelles ils ne cherchent pas à se coordonner. Ces auteurs insistent sur le fait que bien qu'il soit difficile, à l'heure actuelle, de spécifier pleinement un modèle détaillé de la façon dont les représentations partagées de la tâche s'opèrent, il existe de nombreuses preuves de leurs effets. Par exemple, représenter la tâche d'un partenaire pointe la capacité des individus à construire des représentations en se mettant « dans la peau » de leur partenaire dans le but de comprendre leurs actions et d'avoir un système moteur sensible à leurs erreurs. Cet exemple permet de voir comment les représentations partagées de la tâche pourraient faciliter l'action conjointe. En se représentant la tâche dans laquelle ils doivent agir ensemble, les acteurs sont capables de coordonner leurs actions et de prédire leur résultat commun parce qu'ils surveillent et planifient l'action de manière partagée.

Cette vision de la coordination interpersonnelle de manière intentionnelle et/ou planifiée reste ainsi très ancrée dans des approches représentationnelles. Toutefois, des

travaux notamment dans les sciences du sport avancent des pistes explicatives relatives à la possibilité pour des acteurs d'adapter de manière intentionnelle leur activité en situation sans avoir recours aux approches représentationnelles.

1.3.3 Approches non-représentationnelles et régulation active de la coordination interpersonnelle ?

Malgré la prédominance du courant du traitement de l'information dans l'étude de la régulation de l'activité collective par les acteurs, quelques travaux mettent en évidence la manière dont les acteurs peuvent réguler leur coordination interpersonnelle en ayant recours à des approches non-représentationnelles en première personne (i.e., phénoménologiques). C'est le cas de récents travaux en sciences du sport (e.g., Bourbousson, Poizat, Saury & Sève, 2008, 2010, 2011a, 2011b ; Gesbert & Durny, 2013, 2017 ; Gesbert, Durny & Hauw, 2017 ; Rochat, Hauw, Antonini Philippe, Crettaz von Roten & Seifert, 2017). Dans cette veine de travaux, l'acteur est capable d'adapter/réguler son activité sur la base d'informations provenant de sa propre activité, de celle de son partenaire, ou encore de ce que le collectif produit (i.e., la coordination interpersonnelle émergente intentionnelle et/ou non-intentionnelle). Cette régulation dite active (i.e., intentionnelle) est possible si l'individu est couplé avec le monde, c'est-à-dire fait partie du monde, le couplage étant la co-constitution entre l'acteur et son environnement (i.e., l'environnement avec lequel interagit l'acteur n'est connaissable que via son activité, et réciproquement cette activité n'est connaissable qu'en prise avec cet environnement). Si cette interaction avec le monde est pertinente et permet la viabilité du couplage structurel alors une synergie fonctionnelle se forme, c'est-à-dire des liens fonctionnels entre différents composants s'organisent pour produire un mouvement adapté (Froese & Di Paolo, 2011 ; Kelso, 2002, 2016). Dans ce cas le couplage avec l'environnement permet à l'acteur d'agir sur le monde et donc d'être un acteur du monde pouvant orienter sa perspective en direction de l'environnement et/ou d'autrui. Ainsi, tout

mouvement est d'abord spontané/non-intentionnel, comme les gestes que les bébés utilisent de manière instinctive (e.g., taper, fermer la main (le poing) ou encore la succion), puis à partir du moment où le geste produit semble être la réponse permettant au système de conserver son organisation et d'atteindre ses fins, alors le geste sera reproduit dans un même contexte (Kelso & Fuchs, 2016). Par la suite, l'acteur peut produire ce geste de façon intentionnelle dès lors que celui-ci prend conscience que son mouvement produit un effet désiré et adapté sur son environnement ou sur l'interaction qu'il produit avec autrui.

Ainsi, l'acteur peut réguler son activité individuelle et collective sans avoir recours aux représentations mais seulement en faisant l'expérience, au sens phénoménologique, de son couplage avec l'environnement ou plus particulièrement dans notre cas avec autrui. L'acteur est ainsi capable de modifier, adapter et/ou transformer son activité dans le but de produire ou maintenir son interaction avec autrui. Dans le cadre du sport, cette notion d'activité régulée en situation reste encore peu étudiée. Or les retombées pratiques, mais aussi théoriques, de la compréhension de ce qui oriente l'activité d'un individu dans un collectif restent primordiales. En effet, dans une activité collective « complexe » le sportif attend que l'on puisse l'aiguiller ce sur quoi il a un pouvoir d'influence (i.e., son intention et ses mouvements contrôlés). Il en est de même pour le coach qui, dans ses échanges verbaux avec les athlètes, s'adresse à eux à partir de consignes visant pour l'essentiel un engagement actif et volontaire de leur part dans les situations collectives d'entraînement et de match.

1.3.4 Quid de la place de la régulation active dans l'étude de la coordination interpersonnelle émergente ?

Pour résumer, une grande partie de la littérature sur la coordination interpersonnelle émergente a traité de la coordination interpersonnelle spontanée en ayant recours à des approches non-représentationnelles comme l'approche des systèmes éco-dynamiques. Toutefois, les objectifs de ces études étaient d'identifier les variables ayant un impact sur la

coordination interpersonnelle entre deux individus et de comprendre ce qui permettait de maintenir ou modifier cette coordination. Dans cette veine de travaux, c'est le couplage visuel qui semble expliquer la capacité des acteurs à plus ou moins se coordonner, ici se synchroniser. Ici, les travaux ne questionnent pas l'expérience des acteurs dans ce type de tâche. En effet, l'agentivité des acteurs, *agency* en anglais, (i.e., leur capacité à interagir avec leur monde propre) n'a pas été investiguée au sens où d'un point de vue extérieur, en troisième personne, c'est principalement le couplage visuel qui semble permettre un enrôlement du mouvement d'autrui sans savoir si l'acteur en a fait l'expérience ou non. D'un autre côté, la majorité des études qui ont pris en compte la manière dont les acteurs peuvent réguler leur production collective par le biais d'ajustements individuels ont été menées dans le courant cognitiviste (i.e., approche représentationnelle). Dans le cadre de l'étude de la coordination interpersonnelle, ce sont les études menées au sein d'approches représentationnelles souffrant de nombreuses critiques qui mettent fortement en doute leur capacité à réellement comprendre l'activité dynamique et *in situ* des activités collectives. Toutefois, l'expérience des acteurs et leurs capacités à agir sur le monde ne peuvent être reléguées au second plan dans des activités collectives complexes nécessitant des ajustements intentionnels au cours de l'activité.

Nos présupposés ontologiques et épistémologiques forts envers les approches non-représentationnelles se fondent sur les remarques précédemment citées. De plus, l'émergence des approches non-représentationnelles dans les sciences du sport qui portent sur la coordination interpersonnelle, telle que l'approche énaactive, viennent conforter notre choix (Bourbousson et al., 2008, 2010, 2011a, 2011b, 2015 ; Poizat et al., 2008, 2009 ; Saury & Testevuide, 2004 ; Sève et al., 2006). Ces approches nous semblent permettre de comprendre, sous un autre regard, comment les acteurs ancrent leur perception quant à leur activité

individuelle ou collective, et comment ces mêmes acteurs régulent volontairement en conséquence la dynamique de leur activité.

De plus, la majorité des études qui ont pris comme objet d'étude la coordination interpersonnelle ont été menées en situation expérimentale (e.g., Froese, Izuka & Ikegami, 2014a, 2014b ; Gipson, Gorman & Hessler, 2016 ; Schmidt, Carello, & Turvey, 1990 ; Schmidt & O'Brien, 1997). Ce point vient soulever deux précautions importantes lorsque l'on s'intéresse à la coordination interpersonnelle en sport. Premièrement, une idée encore débattue dans la littérature scientifique actuelle, est la nécessité d'étudier les phénomènes et les processus d'interaction *in situ*. En effet, la coordination interpersonnelle est considérée comme un comportement produit par un système complexe soumis à de nombreuses contraintes (Glazier, 2015 ; i.e., tâche, organisme et environnement) qui influencent les possibilités d'interaction ne pouvant être entièrement reproduites ou prises en compte en laboratoire.

Deuxièmement, les études menées dans le courant des approches dynamiques de la coordination interpersonnelle (e.g., des auteurs comme Richardson, Riley, Schmidt, Ramazoni, Sochkley) ont promu la coordination interpersonnelle au rang de « but » de la tâche. L'objectif de ces études était de perturber ou d'ajouter certaines variables et de voir l'effet qu'elles produisaient sur la coordination interpersonnelle. Par exemple, Richardson et collègues (2007) ont placé leurs participants répartis par paires dans des rocking-chairs en leur demandant de synchroniser leurs mouvements en phase ou en antiphase. Les participants étaient capables de maintenir leur synchronisation de façon stable. Les chercheurs ont manipulé la fréquence intrinsèque des chaises en leur attachant des poids et ont observé un décalage de phase constant entre les chaises lorsque celles-ci n'étaient pas appariées, avec un décalage plus grand dans le mode de coordination le moins stable (antiphase). Les participants se comportaient donc comme des oscillateurs couplés. En manipulant l'accès à l'information

visuelle, en la rendant tour à tour centrale et périphérique, les auteurs ont observé une force de couplage identique : la vision périphérique semble suffire à garantir un couplage interpersonnel stable. En sport, la coordination interpersonnelle comme « but » et directement assimilable au niveau final de performance collective est très peu présente dans les pratiques sportives (e.g., natation synchronisée, trampoline synchronisé). Dans la majorité des sports, l'objectif est de produire une performance collective mesurée sur la base d'autres critères que le comportement collectif de l'équipe (e.g., score, temps, place à l'arrivée), la coordination interpersonnelle n'étant qu'un moyen de parvenir à cet objectif final. Les conclusions desdites études doivent donc être considérées avec prudence dans leur discussion à l'aune des problématiques sportives.

De plus, dans cette approche, le comportement collectif est capturé par l'identification de corrélations comportementales non-accidentelles entre plusieurs individus. Ces corrélations comportementales non-accidentelles peuvent être capturées par divers outils, tels que ceux développés dans la théorie des systèmes dynamiques (Guastello, 2017), ou encore dans l'identification de configurations spatio-temporelles (Gudmundsson et Horton, 2016). Néanmoins, une corrélation comportementale non-accidentelle identifiable ne suffit pas à considérer qu'un comportement collectif a émergé de l'interaction entre les différents acteurs individuels. Il est également nécessaire que les acteurs régulent activement la dynamique de leur coordination interpersonnelle au niveau de leurs couplages locaux (i.e., acteur/acteur). En d'autres termes, un flux d'informations doit exister entre les acteurs, et ce flux doit être activement et dynamiquement régulé par les acteurs. Prenons l'exemple de deux individus qui sortent chaque jour en même temps de leur maison pour aller travailler et que ces individus effectuent, sans jamais se voir, le même chemin. Dans ce cas, une corrélation comportementale non-accidentelle serait mise au jour par un observateur extérieur. Toutefois, si un des individus est en avance et décide de changer de chemin pour aller à la boulangerie,

alors le deuxième individu, qui n'est pas en interaction avec le premier, n'adaptera pas son chemin, ce qui affectera directement le comportement collectif précédemment produit.

Dans ce contexte, c'est essentiellement la littérature sur les ancrages informationnels (i.e., ce que l'individu perçoit des besoins de la coordination interpersonnelle en train de se faire) de l'activité interactive qui a produit les travaux les plus diffusés (Bourbousson & Fortes-Bourbousson, 2016 ; De Jaegher & Di Paolo, 2007 ; Froese & Di Paolo, 2011 ; Withagen, Araujo & De Poel, 2017, Withagen, de Poel, Araujo & Pepping, 2012). Il semble donc nécessaire de s'appuyer sur des informations extérieures à soi pour être capable d'adapter son mouvement. La partie suivante synthétise ces éléments.

2 ANCRAGES INFORMATIONNELS ET RÉGULATION DE LA COORDINATION

INTERPERSONNELLE ÉMERGENTE

Au sein des recherches sur la coordination interpersonnelle émergente dans les sciences du sport et plus généralement dans les sciences du mouvement humain, un sujet semble avoir été négligé : le cas de la régulation active de l'activité collective par les acteurs (Bourbousson & Fortes-Bourbousson, 2016). En effet, la conceptualisation de la manière dont les acteurs régulent activement la dynamique de leur activité collective, ce qui correspond à une activité individuelle d'adaptation aux besoins du comportement collectif au fil de la situation, reste peu investiguée. Une compréhension plus approfondie de ce processus de régulation semble nécessaire pour comprendre comment et pourquoi la coordination interpersonnelle se forme, se stabilise et/ou disparaît (Bourbousson & Fortes-Bourbousson, 2016). Dans ce contexte, la section 2.1 dresse un bilan des ancrages informationnels qui sont à l'heure actuelle recensés dans la littérature et qui peuvent servir à l'acteur de ressources dans le but de maintenir un comportement collectif cohérent et performant en adaptant son comportement individuel. La section 2.2 discute plus particulièrement de la nécessité, ou non,

des acteurs à partager ces ancrages informationnels pour produire une activité collective performante.

2.1 Ancrages informationnels de l'activité individuelle de régulation

Actuellement, l'étude des modes de régulation, c'est-à-dire les moyens de réguler activement son activité et celle du collectif, n'est actuellement pas considérée comme un objet de recherche en lui-même, même si cette question est souvent abordée dans de multiples travaux et dans de nombreux domaines. Nous essayons dans la partie suivante de dresser un bilan exhaustif de ce que l'on connaît aujourd'hui quant aux ancrages informationnels sur lesquels les acteurs se fondent pour réguler leur activité. Il s'agit de s'inspirer des modèles investigués dans le sport mais également dans d'autres domaines tels que l'éthologie pour discuter des ancrages informationnels existant et de leurs possibles mobilisations dans des approches non-représentationnelles.

2.1.1 Ancrage informationnel symbolique *versus* direct

L'enjeu, ici, est de définir la notion d'ancrage informationnel au sein d'une approche non-représentationnelle.

Comme le souligne Gallagher (2001, 2008) concernant l'acte de percevoir, le point de vue le plus répandu est que le système nerveux est un instrument par lequel l'organisme obtient de l'information en provenance de l'environnement, information qu'il utilise alors pour construire une représentation du monde, qui lui servira de base pour calculer un comportement approprié à sa survie dans le monde (i.e., ancrage informationnel symbolique). Ainsi, le système nerveux « reçoit l'information » de l'environnement dont l'acteur formerait une représentation « à l'intérieur ». L'utilisation de ce type de métaphore est en accord avec les approches cognitivistes mais ne coïncide pas avec les approches non-représentationnelles (Maturana & Varela, 1994). Ainsi, lorsque l'on s'intéresse à l'acte de percevoir et d'agir en

cohérence avec son environnement, les approches non-représentationnelles contestent la conception d'un système nerveux comme un mécanisme qui manipule des représentations en suggérant que la connaissance de la réalité environnante en tant que telle (pour autant qu'elle soit possible) ne permettrait pas de saisir le monde (ou la « réalité ») avec lequel interagit effectivement un système vivant.

L'approche éactive que nous détaillerons plus loin dans la thèse se situe dans cet entre-deux avec d'un côté le système nerveux comme opérant avec des représentations provenant du monde et d'autre part le système nerveux seul. Ainsi Maturana et Varela (1994) proposent de concevoir l'interaction sur deux domaines distincts. D'une part examiner le système, ici le système nerveux, dans le domaine de ses états internes et de ses changements structuraux (i.e., une description du domaine de structure), donc du point de vue de la dynamique interne du système, l'environnement n'existe pas : il n'a pas à être pris en compte. D'autre part, considérer une unité, ici l'être humain, qui interagit aussi avec son environnement et décrire l'histoire de leurs interactions (i.e., une description symbolique acceptable du domaine cognitif). Depuis cette perspective, dans laquelle l'observateur peut établir des relations entre certains traits de l'environnement et le comportement de l'unité, il n'y a pas à tenir compte de la dynamique interne de l'unité. Aucune de ces deux descriptions possibles ne constitue à elle seule un problème avec d'une part une approche de type « explicatif » ou « causaliste » (e.g., neurobiologique) et de l'autre une approche de type compréhensif (e.g., phénoménologie) : toutes deux sont nécessaires et complémentaires dans la compréhension du comportement de l'unité. C'est l'observateur qui les met en relation depuis sa perspective externe. C'est lui qui reconnaît que la structure du système détermine ses interactions en spécifiant parmi les configurations de l'environnement celles qui peuvent déclencher des changements structuraux. Ainsi, il n'y a nul besoin de retomber dans une

explication par les représentations ni de refuser d'admettre qu'un individu interagit dans un environnement grâce à l'histoire de son couplage structurel.

Maturana et Varela (1994) proposent une métaphore pertinente qui permet de bien cerner ces deux domaines : « *Une analogie permettra peut-être de clarifier ceci. Imaginez une personne qui a toujours vécu dans un sous-marin. Elle ne l'a jamais quitté et a appris à le manœuvrer. Imaginons ensuite que nous sommes sur la côte, voyant le sous-marin faire surface avec élégance. Nous nous adressons alors par radio ainsi au navigateur à l'intérieur du sous-marin : « Félicitations ! Vous avez évité les récifs et fait magnifiquement surface. Vous savez vraiment manœuvrer un sous-marin ».* Cependant dans le sous-marin, le navigateur reste perplexe : « *Récifs ? Faire surface ? De quoi s'agit-il ? Tout ce que j'ai fait est de presser certains boutons et de tourner certains leviers afin d'établir certaines relations entre les indicateurs. Tout cela était fait selon une séquence prescrite à laquelle je suis habitué. Je n'ai fait aucune manœuvre spéciale, et pour compléter le tout, vous me parlez d'un sous-marin. Vous blaguez sûrement !* » (Maturana & Varela, 1994 ; p.127).

Ce passage illustre bien les deux niveaux de description que Varela nomme (a) description opérationnelle du domaine de structure (e.g., l'activité neuronale) et (b) description symbolique acceptable du domaine cognitif (e.g., l'expérience vécue). Ces deux niveaux de description sont complémentaires et peuvent être investigués via des approches « explicatives » pour le premier niveau de description ou encore par des approches compréhensives permettant d'accéder au monde propre de l'acteur. Ainsi, les ancrages informationnels directs peuvent être recueillis en s'appuyant sur l'expérience vécue des acteurs, sans présager la mobilisation d'ancrages informationnels symboliques.

2.1.2 Ancrage informationnel local versus global

Maintenant que la notion d'ancrage informationnel a été définie comme étant non symbolique et servant de source informationnelle pour que l'acteur puisse réguler son activité,

il reste à définir quels sont les possibles ancrages qui existent permettant à l'humain de réguler son activité afin d'influer positivement, ou non, sur le comportement collectif. Dans la littérature scientifique, différents ancrages informationnels sont proposés. Le premier et le plus évident est appelé ancrage local (Bourbousson et al., 2015 ; Froese et al., 2014a, 2014b ; Perna, Kuntz, Theraulaz & Jost, 2010 ; Schmidt & Richardson, 2008). Le second moins étudié dans les sciences humaines et du mouvement est l'ancrage informationnel dit global (Bourbousson, Deschamps & Travassos, 2014 ; Noubel, 2004). Enfin, plus récemment des ancrages particuliers observés qui ne renferment pas les deux ancrages plus classiques ont aussi été suggérés (Feigean, Seiler & Bourbousson, 2017 ; Gesbert, Durny & Hauw, 2017 ; Perna et al., 2010).

L'ancrage informationnel local, aussi appelé « purely local » (Perna et al., 2010), présuppose qu'un individu contribue au comportement collectif en régulant son activité propre à partir d'une information significative provenant d'un espace proche ou d'un nombre réduit de protagonistes, et ne renseignant pas de l'état général du collectif. Cet ancrage informationnel est observé chez de nombreux êtres vivants et notamment chez des insectes ou animaux dénués de conscience ou qui n'ont pas une perception directe du groupe, chacun se régule par rapport aux agents qui l'entourent. Par exemple, Le comportement grégaire des poissons est associé à un bénéfice fonctionnel car il augmente la capacité de survie des individus dans les conditions naturelles. Un des bénéfices est la capacité pour un poisson de pouvoir acquérir très rapidement et à un moindre coût de l'information sur l'environnement par la seule observation du comportement de ses voisins (Lopez, Gautrais, Couzin & Theraulaz, 2012). Ce mécanisme peut être illustré par la réaction collective d'un banc de poissons lors de l'attaque soudaine d'un prédateur. Au moment de l'attaque, tous les individus composant le banc ne perçoivent pas obligatoirement le mouvement du prédateur, toutefois ils réagissent rapidement à la réaction comportementale de leurs proches voisins, qui peuvent

eux-mêmes réagir à leurs propres voisins ou au prédateur lui-même. Ici, l'information sur la présence et/ou l'attaque du prédateur peut ainsi se propager de proche en proche à l'ensemble du groupe. Cet ancrage informationnel local a aussi été suggéré chez l'humain et plus particulièrement dans le domaine sportif (e.g., Bossard, De Keukelaere, Cormier, Pasco & Kermarrec, 2010). En effet, Bourbousson et collaborateurs (2008, 2010, 2015) suggèrent qu'une équipe experte en basketball semble fonctionner collectivement sur la base d'interactions locales. Ce fonctionnement est appelé par les auteurs le modèle de la chaîne (cf. Figure 1) et suggère ainsi que les joueurs régulent leur activité sur la base d'informations locales provenant d'un ou deux partenaires pour maintenir un état stable et performant du comportement collectif plutôt qu'un partage d'informations commun à tous les composants du collectif (cf. Figure 1).

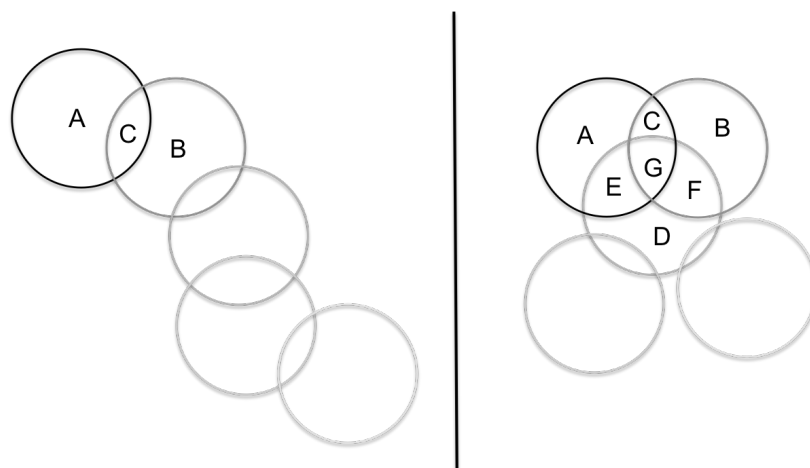


Figure 1. Représentation graphique de deux cas illustratifs du partage dans une équipe composée de cinq individus (à partir de Bourbousson & Sève, 2010).

L'ancrage informationnel dit global semble quant à lui plus spécifique à l'homme. En effet, dans le domaine du sport, Gréhaigne, Caty et Marle (2004) suggèrent que l'être humain aurait la faculté de reconnaître entièrement, lors de sports collectifs, des configurations collectives de jeu (i.e., comme un plan vu d'avion). Bourbousson, Deschamps et Travassos (2014) ont montré que chez les basketteurs experts, l'initiation d'un drive (i.e., une attaque en

dribble en direction du panier) était précédée par une fluctuation des propriétés collectives des deux équipes, en l'occurrence une variation de la phase relative entre les centres de gravité des deux équipes et de leur indice d'étirement. Ce résultat suggère que les joueurs de basket s'appuient sur des informations ancrées au niveau collectif pour décider d'attaquer le panier en dribble ou non. Ce phénomène a aussi été observé chez des cyclistes sur route (Assemat, 2012). Cette étude de cas révèle que cinq des six préoccupations des coureurs rendaient compte d'une volonté de comprendre la situation collective de course. Les coureurs cherchaient à percevoir la configuration globale de la course (e.g., Le peloton est-il groupé ? Est-il scindé en plusieurs parties ?) plutôt qu'à prendre conscience de leur situation locale (e.g., suis-je bien placé ? Que cherche à faire mon coéquipier positionné devant moi ?). Dans ce cadre, la conscience de la situation de leur équipe dans la course, en terme de rapport de force avec les autres formations (e.g., supériorité ou infériorité numérique au premier échelon de la course) était un préalable indispensable pour que les coureurs régulent leur activité individuelle.

En somme, la littérature en science du sport pointe la capacité des athlètes à pouvoir réguler leur activité collective en ancrant leurs perceptions à la fois sur des informations directement observables dans un espace proche (e.g., choix d'un déplacement en fonction de mon partenaire) ou encore sur des informations ancrées au niveau global, c'est-à-dire de l'activité collective produite elle-même (e.g., la prise de décision de partir en drive en fonction de l'étirement des équipes).

2.1.3 Ancrage informationnel humain versus matériel

Dans la partie précédente, les ancrages informationnels se focalisaient sur des informations provenant des individus avec qui les acteurs étaient en interaction pour produire un comportement collectif, seule l'échelle à laquelle était ancrée l'information changeait (i.e., locale ou globale). Toutefois, en éthologie un mode de coordination particulier a été mis à

jour par Grassé (1959, 1967) chez les insectes sociaux et plus particulièrement chez la termite, et décrit sous le concept de stigmergie. Ce terme désigne un mode de coordination qui permet aux insectes de coordonner leurs activités au moyen d'interactions indirectes (Theraulaz & Bonabeau, 1999). En étudiant la façon dont s'effectuait la construction des nids chez les termites, Grassé a découvert qu'un termite ne contrôlait pas directement son activité de bâtisseur mais que son travail semblait déclencher et orienter par les structures résultant de son activité antérieure ou de celle de ses congénères. C'est à cette stimulation qu'il donna le nom de stigmergie (construit à partir des mots grec *stigma* : piqûre et *ergon* : travail). Ce mode de coordination n'est pas propre aux termites, mais se retrouve chez bon nombre d'insectes sociaux : fourmis, guêpes et abeilles (Theraulaz, 2014 ; Theraulaz, Perna & Kuntz, 2012). Typiquement, les traces laissées sur le sol par un insecte lorsqu'il se déplace, comme les pistes chimiques ou les ébauches de construction qui résultent de son activité passée, constituent autant de sources de stimulation qui déclenchent en retour des comportements spécifiques chez les autres insectes de la colonie. L'activité de ces insectes modifie alors le stimulus qui a déclenché leur comportement, ce qui conduit à la formation d'un nouveau stimulus capable lui-même de déclencher de nouveaux comportements.

Cette idée de coordination indirecte, en laissant des traces de son activité dans l'environnement servant par la suite de ressources informationnelles à ses coéquipiers, a aussi été mise au jour chez les humains. Ce concept, initialement observé chez les insectes sociaux, a été confronté et défini au filtre de théories déjà existantes de la cognition sociale en psychologie. (Nardi, 1996 ; Susi, 2006, 2016 ; Susi & Ziemke, 2001). Susi et Ziemke (2001) se sont focalisés sur les théories qui prennent en compte les modifications de l'environnement physique produit par l'activité d'un individu, pouvant affecter le comportement d'autres individus (ou lui-même) à un moment ultérieur (Hutchins, 1995a, 1995b ; Lave, 1988 ; Nardi, 1996). Ainsi, les auteurs ont exclu d'emblée de la définition de stigmergie toutes les

interactions basées sur la communication directe, l'observation et/ou l'imitation chez les individus.

Prenons l'exemple de la cognition distribuée (Hutchins, 1995a ; Hollan, Hutchins & Kirsh, 2000) pour comprendre la manière dont les individus communiquent et se coordonnent, cette théorie considère les agents et les artefacts comme des éléments constituant d'un système cognitif complexe, c'est-à-dire que les propriétés cognitives globales du système (i.e., agents et artefacts) sont considérées comme l'unité d'analyse appropriée. La notion d'artefact renvoie, ici, aux objets qui sont signifiants pour l'acteur dans le but d'accomplir la tâche dans laquelle il est engagé. Dans cette perspective, les propriétés cognitives globales du système sont distribuées dans les nœuds du système et ne sont pas entièrement localisables dans la tête de chaque composant (Hutchins, 1995a). Dans l'étude des systèmes collectifs, les représentations et la manière dont ces représentations sont transformées et propagées au sein du système reflètent l'intérêt de ce type d'investigation dans le but d'appréhender l'activité collective. Ici, les acteurs restent au centre de la focale mais les artefacts utilisés sont tout aussi importants et doivent être pris en compte lors de la réalisation d'une tâche, puisqu'ils constituent une partie de la structure à travers laquelle les représentations sont transformées et propagées. Ainsi, plusieurs agents travaillant ensemble utilisent également ces structures environnementales (i.e., artefacts), et de nombreuses actions sont une réponse directe aux changements environnementaux imposés par l'individu lui-même ou par quelqu'un d'autre. Par exemple, Rambusch, Susi et Ziemke (2004) montrent, dans une étude de cas sur la coopération d'une équipe médicale lors de l'admission de jeunes enfants à l'hôpital, l'importance des artefacts utilisés dans ce contexte particulier et la façon dont ils contribuent au bon fonctionnement de leur travail collectif, où une grande partie des activités sont coordonnées de manière implicite. Les auteurs pointent aussi que les artefacts ne deviennent évidents et importants que lorsqu'ils sont considérés dans le contexte social dans

lequel ils sont utilisés. Certains artefacts, comme la liste de patients, n'ont de sens et sont compris seulement par ceux qui les utilisent. Ainsi, ce n'est pas seulement la façon dont on utilise un artefact qui est importante pour la coordination interpersonnelle, mais aussi le lieu où il est utilisé. Dans ce cadre, les artefacts sont utilisés comme moyen de communication indirecte en permettant de transmettre de l'information entre les différents acteurs du système collectif dans le but de se coordonner. Toutefois, selon le contexte l'artefact peut avoir une fonction et signification différentes, il semble donc important que les acteurs qui sont censés agir ensemble partagent la pertinence des structures environnementales qui les entourent afin d'utiliser un artefact commun comme outil de communication, tout en s'assurant qu'autrui perçoive la justesse de l'information ancrée dans celui-ci. La cognition distribuée est à l'approche cognitive ce qu'est l'approche stigmergique au sein de l'approche éactive, en ce sens où elles avancent des pistes explicatives convaincantes quant à l'étude de la coordination interpersonnelle chez les humains où la médiation peut se faire via un environnement matériel malléable commun aux acteurs.

De récents travaux se sont directement appuyés sur le concept de stigmergie pour comprendre certaines activités collectives humaines allant du processus de construction d'un bâtiment aux activités de co-écriture d'un document par plusieurs acteurs (e.g., Christensen, 2008, 2013 ; Dipple, Raymond & Docherty, 2014 ; Marsh & Onof, 2008 ; Parunak, 2006).

En sport, et plus particulièrement en aviron, les athlètes semblent se coordonner de manière stigmergique (sans que les auteurs n'utilisent directement ce terme) à mesure qu'ils gagnent en expertise (Millar, Oldham & Renshaw, 2013). En effet, le bateau jouerait le rôle de médiateur ou d'artefact pour reprendre les termes de Susi (2016), permettant au rameur de prélever de l'information sur l'état de la coordination entre les rameurs et la performance globale produite (i.e., la vitesse et l'équilibre du bateau). Sur la base de ces informations un rameur expert ajusterait son comportement afin de maintenir une performance collective

adéquate et performante. Basés sur le concept de coordination stigmergique, des capteurs permettant de recueillir et de partager des informations sur autrui et sur l'état de coordination ont été conçus et testés en aviron dans le but d'améliorer la performance d'équipages (Avvenuti, Cesarini & Cimino, 2013). Dans les sciences du sport, et plus particulièrement dans l'étude des collectifs, l'étude empirique de ce type d'ancrage informationnel a été largement négligée.

2.1.4 Ancrage informationnel complexe

D'autres ancrages informationnels plus complexes semblent exister mêlant plusieurs ancrages informationnels que l'on pourrait qualifier d'intermédiaires ou encore de mixtes. Chez les insectes par exemple, Perna et collaborateurs (2010) ont révélé un mode de régulation qu'ils nomment « local for global estimation ». Ici, un possible ancrage informationnel pourrait être défini comme la capacité des individus à se renseigner sur l'état du comportement global à partir d'informations locales. Par exemple chez les termites, la prise d'information au niveau local comme la densité d'une chambre semble renseigner les termites sur la structure générale de la termitière, leur permettant ainsi d'orienter individuellement leur activité en cohérence avec la production collective qui émerge. En sport, d'autres types d'ancrages informationnels mixtes semblent exister et ce notamment en football. En effet, Gesbert, Durny & Hauw (2017) suggèrent l'émergence d'un ancrage informationnel spécifique juste avant la récupération de la balle. Selon les auteurs, en fonction de la position des joueurs sur le terrain, ceux-ci étaient amenés à recueillir des informations sur les possibilités d'action du porteur de balle et sur l'adversaire qui était le plus proche d'eux dans le but de restreindre (e.g., bloquer la passe) ou inversement encourager (e.g., laisser la passe se faire) l'activité de leur adversaire. Ils étaient plus focalisés aux actions du porteur de balle et à celles de leur adversaire direct parce que leurs activités respectives étaient avant tout organisées autour de la pression sur le porteur de balle.

Une autre recherche en football a quant à elle montré que les individus pouvaient aussi se focaliser sur des informations provenant (a) d'un espace proche, (b) d'un espace de jeu bien défini, ou encore (c) sur des connaissances préalablement définies (Feigean, Seiler & Bourbousson, 2017). Dans le premier cas, les joueurs réguleraient leur activité sur la base d'informations provenant de leur espace proche qui se déplace en même temps que le joueur, comme le fait un sous-marin en utilisant un radar ou les chauves-souris en utilisant les ultrasons. Ici, les informations peuvent s'ancrer aussi bien sur un individu, plusieurs, le ballon ou encore un espace libre/occupé. Dans le second cas, les joueurs se réguleraient par rapport à un espace de jeu défini qui cette fois-ci est fixe. Toutefois, comme l'ancrage informationnel précédant, les informations peuvent s'ancrer aussi bien sur un individu, plusieurs, le ballon ou encore l'espace libre/occupé en question. Dans le dernier cas, les joueurs s'appuieraient aussi sur des connaissances préalablement construites sans tenir compte de la situation réelle. Les joueurs suggèreraient un événement qui devrait se produire. Par exemple, c'est ce qui arrive lorsqu'un joueur s'aperçoit qu'il n'y a personne sur sa ligne et qu'il suppose que son coéquipier doit être derrière, par conséquent le joueur agit et adapte son activité en supposant que le joueur est derrière lui sans le vérifier visuellement.

En somme, on peut supposer que les ancrages informationnels s'entremêlent, s'enchaînent dans la dynamique de l'activité. La question de leurs identifications et de leurs agencements dans le temps reste encore mal définie à ce jour. Toutefois, les études présentées ont permis de contribuer à la compréhension de l'activité collective dans des situations plus complexes que dans des collectifs composés d'êtres vivants dénués de conscience, et impliquant un plus grand nombre d'acteurs que les situations dyadiques souvent préférées par les chercheurs. Une compréhension fine de l'étendue de ces ancrages informationnels et de la manière dont ils aident à comprendre un comportement collectif performant est un enjeu notable au sein des sciences du sport et plus largement dans les sciences du mouvement

(Bourbousson & Fortes-Bourbousson, 2016). Dans ce contexte, il semble pertinent de questionner la nécessité pour les acteurs de co-réguler leur activité et de partager ses ancrages informationnels pour produire un comportement collectif émergent.

2.2 Le partage des ancrages informationnels pour construire un faire ensemble

Dans la précédente partie les différents ancrages informationnels répertoriés dans la littérature des sciences du mouvement et du sport ont été présentés. Toutefois, la manière dont les acteurs partagent, ou non, ces ancrages informationnels lors d'une tâche collective n'a pas été questionnée. Dans cette partie l'objectif est de passer en revue les études qui s'intéressent à l'agencement des ancrages informationnels individuels dans l'activité collective. Ici, nous nous focalisons sur les approches qui considèrent la coordination interpersonnelle comme auto-organisée et étant le fruit d'une interaction entre deux ou plusieurs acteurs. Dans ce cadre une bonne partie des travaux aussi bien théoriques (De Jaegher & Di Paolo, 2007, 2008 ; Froese & Di Paolo, 2011 ; Gallagher, 2001, 2008) qu'empiriques (Froese, Iizuka & Ikegami, 2014a, 2014b) défendent l'idée de réciprocité ou de co-régulation des ancrages informationnels dans le but de produire une activité collective cohérente et performante.

2.2.1 La co-régulation active comme élément consubstantiel du processus d'interaction

Au sein de l'approche éactive des couplages sociaux, les auteurs font l'hypothèse selon laquelle chaque acteur doit prendre autrui en considération pour construire ensemble une cohérence comportementale (e.g., De Jaegher et Di Paolo, 2007 ; Froese & Di Paolo, 2011 ; Gallagher, 2001, 2008, 2009). Autrement dit, l'activité collective se fonde sur une mutualité de l'interaction, c'est-à-dire sur une réciprocité des ancrages informationnels amenant à une co-régulation active des acteurs dans le but de se coordonner.

Par exemple, l'importance de la mutualité de l'interaction peut être illustrée par l'étude de Murray et Trevarthen (1985), répliquée par la suite par Nadel et collaborateurs (Nadel, Carchon, Kervella, Marcelli & Réserbat-Plantey, 1999). Ces auteurs ont proposé un dispositif original où des mères et leurs bébés âgés de deux mois étaient placés dans des pièces séparées et interagissaient par le biais d'un moniteur TV. Ce moniteur retransmettait à chacun et en direct l'activité de l'autre. Les expérimentateurs laissaient l'interaction se dérouler naturellement tout en enregistrant l'activité de la mère. Subitement dans le moniteur de l'enfant, la communication en direct était remplacée par un enregistrement de la mère réalisé lors d'une séquence d'interaction précédente. En d'autres termes, tel qu'il apparaissait à l'enfant, le comportement de la mère était exactement le « même » quand elle intervenait en direct que lors de sa retransmission. Dans l'hypothèse d'un bébé comme un observateur passif recevant des stimulations auxquelles il répond ensuite, la situation ne devait poser aucun problème : l'enfant aurait dû se comporter d'une façon similaire face à l'identité des situations en direct et en différé. Néanmoins, et dès l'âge de deux mois, les enfants réagissaient rapidement et négativement à cette manipulation. Face à l'enregistrement, ils ne répondaient plus aux communications de la mère et refusaient de continuer de participer à l'interaction, manifestant leur désintérêt pour l'échange ainsi que leur frustration.

Cette illustration pointe le caractère essentiel de la bidirectionnalité de la régulation et de sa dynamique dans le processus d'interaction et donc de coordination interpersonnelle, et ce dès le plus jeune âge.

De Jaegher et Di Paolo (2007) présument que les phénomènes de coordinations interpersonnelles complexes émergeant sont facilités lorsque les deux acteurs régulent simultanément leur coordination interpersonnelle en cours (i.e., un flux bidirectionnel d'interactions ; cf Figure 2). Ainsi, cette activité bidirectionnelle des acteurs produit un comportement collectif qui échappe à la simple juxtaposition des productions individuelles.

La nécessité d'une telle mutualité dans l'interaction est également discutée sous le terme de *mutual awareness* dans d'autres traditions de recherche (Fiore & Salas, 2004).

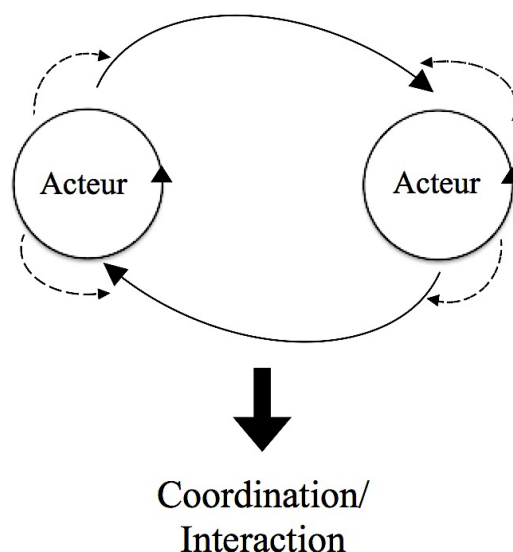


Figure 2. Schéma d'un système multi-agent. Il est possible que lorsque deux agents adaptatifs qui partagent un environnement commencent à s'engager dans un couplage sensorimoteur mutuel, leurs activités deviennent entrelacées de telle sorte que leur interaction mutuelle se traduit par un processus d'interaction qui se caractérise lui-même par une organisation autonome, i.e., une structure émergente à part entière. Les flèches pleines représentent le couplage et les flèches pointillées la régulation active (i.e., « l'agency »).

Certaines études ont décrit empiriquement la fonction cruciale de la co-régulation dans les interactions interpersonnelles, en particulier dans celles qui utilisaient un dispositif de croisement perceptif (Auvray, Lenay & Stewart, 2009 ; Auvray & Rohde, 2012). Afin de mettre en évidence les conditions minimales nécessaires à l'émergence d'une interaction, Auvray et al. (2009), inspirés par Murray et Trevarthen (1985), ont conçu un dispositif expérimental permettant de manipuler le processus d'interaction. Ce dispositif place les participants dans une situation au cours de laquelle ils déplacent un avatar dans un environnement virtuel minimaliste peuplé par des entités différentes (e.g., avatar d'humain, leurres mouvants et leurres fixes). Aucune information visuelle n'est accessible mais la rencontre de chacune des entités, avec la souris, mène à un type de stimulation tactile unique qui rend les rencontres non différenciées. En d'autres termes leur rencontre procure la même

information sensorielle. La tâche pour les participants était de reconnaître la présence de leur partenaire et de l'indiquer par un clic. Cette manipulation permet ainsi de tester la contribution respective du processus d'interaction et des informations individuelles dans l'émergence d'une interaction coordonnée. La figure 3 illustre ce dispositif.

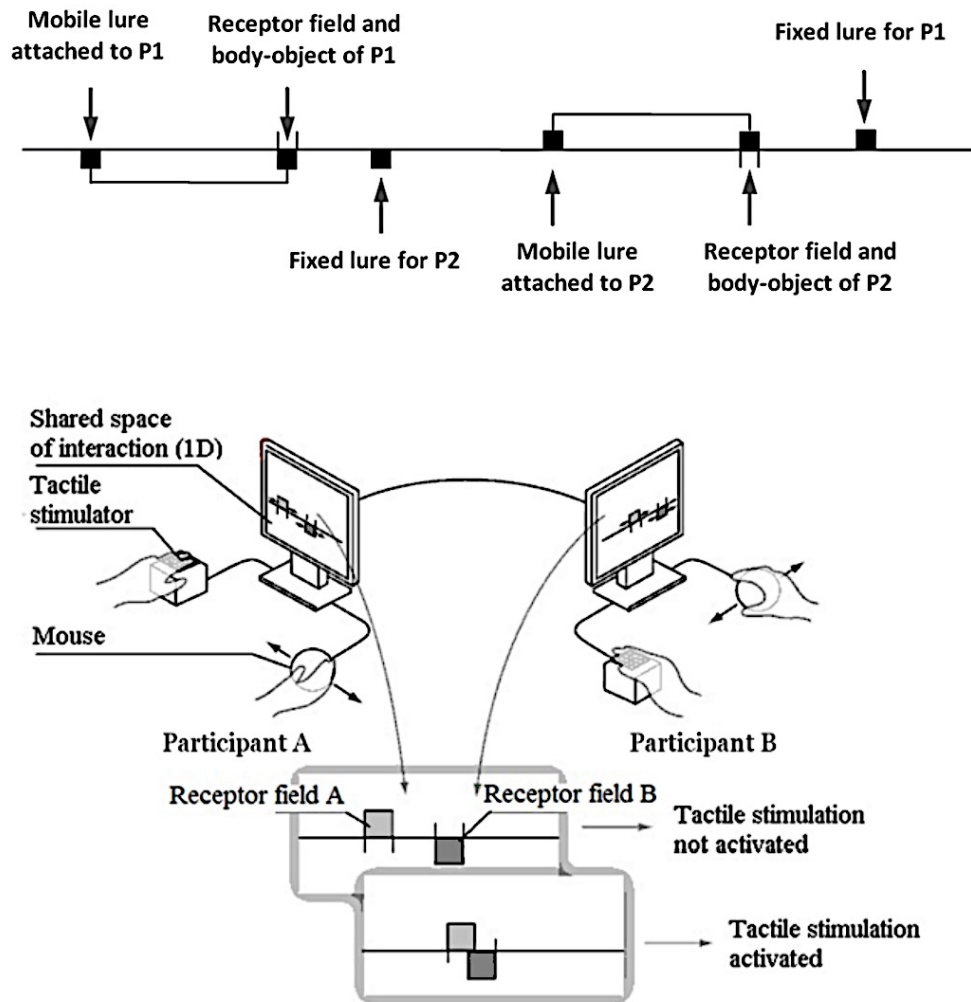


Figure 3. Dispositif utilisé par Auvray et al. (2009). L'environnement virtuel en une dimension est représenté en haut, le dispositif technique ainsi que l'opérationnalisation des croisements perceptifs en bas.

Ce dispositif suggère que les participants réussissent à se reconnaître (i.e., un clic), et ainsi faire l'expérience de leur interaction sociale, grâce à la perception simultanée et partagée du processus de co-régulation qui s'opère (Froese et al., 2014a, 2014b). En effet, sans avoir de retours sur leur capacité à se reconnaître, les résultats montrent que les participants étaient relativement efficaces et se trompaient rarement. En accord avec ce principe de co-régulation

permettant l'émergence de la coordination interpersonnelle, la plupart des études testant ce processus de régulation ont été expérimentales et se sont focalisées sur la coordination au sein de dyades, en fournissant des preuves réitérées des avantages interpersonnels liés aux processus de co-régulation (Froese et al., 2014a, 2014b ; Laroche, Berardi & Brangier, 2014).

Dans les sciences du mouvement, et même dans le champ des sports, il est considéré qu'au sein d'une dyade (e.g., en aviron) la co-régulation active ancrée sur la perception d'autrui est le phénomène clé de la coordination interpersonnelle et par conséquent de la performance collective. Cependant, certaines études empiriques en situation écologique tendent à atténuer ce principe considéré comme fondamental pour l'émergence de l'interaction sociale.

2.2.2 Un fonctionnement collectif est-il possible sans co-régulation ?

Alors que l'hypothèse de la nécessité de co-réguler pour interagir a été omniprésente dans la recherche de la coordination interpersonnelle, certaines études empiriques en sport n'ont pas observé phénomène, en particulier dans les comportements collectifs où le but premier n'est pas de se coordonner. Par exemple, Bourbousson et ses collègues (2015) ont étudié la façon dont les joueurs prenaient en compte leurs coéquipiers chez deux équipes de basketball en contexte compétitif (Bourbousson, R'Kiouak & Eccles, 2015). Les auteurs ont examiné les ajustements mutuels au niveau de l'activité qui ont été significatifs pour les acteurs chez une équipe novice et une équipe experte. Les équipes ont été considérées comme des réseaux sociaux dynamiques (Bourbousson, Cogé & R'Kiouak, 2013), les membres de l'équipe étant considérés comme des nœuds et l'attention des joueurs, en situation, en tant que relations. Les réseaux et leurs changements au fil du jeu ont été analysés à différents niveaux d'organisation, en utilisant l'analyse des réseaux sociaux (Social Network Analysis ; SNA) pour identifier les différents agencements de co-régulation au sein des équipes. Les résultats ont notamment montré que l'indice de réciprocité, qui représentait la co-régulation qui se

produisait dans toutes les dyades considérées au sein des équipes, était nettement inférieur à ce qui est attendu aléatoirement pour une équipe ayant les mêmes caractéristiques globales alors que ce n'était pas le cas pour l'équipe novice. De plus, cette faible co-régulation observée était très stable au fil du temps. D'autres études ont rapporté des observations similaires dans différents domaines de coordination collective, comme dans les systèmes collaboratifs de distribution électrique (Salmon, Stanton, Walker, Jenkins, Baber & McMaster, 2008) ou en ingénierie (Cooke, Gorman & Rowe, 2009). Ensemble, ces études ont suggéré que les systèmes sociaux experts avaient une meilleure capacité pour atteindre et maintenir un niveau optimal d'attention au cours de l'activité, ce niveau d'attention étant plus faible que dans les systèmes sociaux novices.

Dans cette optique, l'hypothèse centrale de la co-régulation est en partie insatisfaisante, du moins comme élément fondamental de l'interaction dans des systèmes sociaux étant dirigés par un but commun, autre que la coordination interpersonnelle elle-même, et composés de nombreuses dyades en interrelations (Bourbousson & Fortes-Bourbousson, 2016 ; Fiebich & Gallagher, 2013).

2.2.3 La place de l'environnement dans le processus de co-régulation

Comme les précédents paragraphes l'ont montré, dans les sciences du sport et du mouvement, les études qui se sont intéressées à la coordination interpersonnelle ont souvent été expérimentales (Gipson et al., 2016 ; Mottet, Guiard, Ferrand & Bootsma, 2001 ; Schmidt & Richardson, 2008) et focalisées sur l'effet du flux visuel comme variable influençant la robustesse du couplage entre deux acteurs. Il en va de même pour les études qui ont été menées en situation écologique où les préoccupations des chercheurs étaient de comprendre les relations directes (e.g., unidirectionnelles ou bidirectionnelles) entre les différents acteurs (Bourbousson et al., 2015 ; Passos, Davids, Araujo, Paz, Minguens & Mendes, 2011).

Ainsi, malgré le fait que l'environnement, dans l'ensemble des approches non-représentationnelles citées, a une part constitutive du couplage structurel (e.g., Araujo & Bourbousson, 2016 ; Bourbousson & Fortes-Bourbousson, 2016 ; Froese & Di Paolo, 2011), très peu d'études empiriques ont interrogé la place de l'environnement dans les processus d'interaction comme un médiateur d'information entre différents acteurs. La partie 2.1.3 pointe néanmoins que les êtres humains ont cette capacité de se coordonner via des traces informationnelles laissées dans l'environnement par l'activité passée d'un individu, ou qu'ils ont eux-mêmes laissées. Ainsi, des agencements unidirectionnels de leur attention médiés par un environnement commun permettraient de construire un faire ensemble.

En somme, dans les sciences du sport, la question d'une situation privilégiée, permettant de donner un rôle central à la médiation situationnelle dans le processus de coordination interpersonnelle, reste ouverte. Cette situation sportive requiert un environnement malléable et commun permettant aux acteurs engagés dans une activité collective de pouvoir laisser des traces dans celui-ci que les coéquipiers pourront recueillir plus tard. En d'autres termes, les acteurs devraient avoir la possibilité de se coordonner en s'appuyant sur des ancrages informationnels provenant de cet environnement commun.

2.2.4 L'aviron : une situation sportive privilégiée pour l'étude des ancrages informationnels environnementaux

Les rares études en sport qui ont mis en avant la possibilité d'une coordination indirecte, c'est-à-dire via des échanges d'informations médiés par un environnement malléable et commun, ont été menées en aviron (Lippens, 1999, 2005 ; Millar, 2014 ; Millar, Oldham & Renshaw, 2013). Le bateau est, ici, considéré comme un environnement matériel sensible et commun aux rameurs, permettant à ceux-ci de laisser des traces dans le bateau (e.g., mouvement du bateau, vitesse du bateau) qui serviront de support informationnel pour leurs coéquipiers qui se réguleront sur ces traces (i.e., le bateau joue le rôle de médiateur entre

les acteurs). En aviron, il existe différents types de bateaux : les bateaux de couple, où chaque rameur actionne simultanément deux rames (une de chaque côté), et les bateaux de pointe, où chaque rameur actionne une rame unique (du côté droit ou du côté gauche du bateau) (cf. Figure 4). Pour chaque type de bateau d'aviron, plusieurs embarcations sont utilisées en compétition : en couple les embarcations utilisées sont le skiff, une embarcation individuelle, le deux de couple (i.e., deux rameurs dans l'embarcation) et le quatre de couple (i.e., quatre rameurs dans l'embarcation) alors qu'en pointe les embarcations qui existent sont le deux, le quatre et le huit de pointe avec barreur ainsi que le deux et quatre de pointe sans barreur. Le barreur est le membre qui s'assoit sur l'arrière du bateau, se mettant face aux rameurs. Il dirige la direction du bateau et coordonne le rythme et la force des rameurs comme un chef d'orchestre coordonne ses musiciens. Toutefois, les bateaux avec barreur semblent peu judicieux à étudier au regard de notre objectif d'appréhender la manière dont les rameurs agencent leurs ancrages informationnels pour se coordonner puisque dans ce cas précis le barreur joue le rôle de médiateur et scande/préscrit la coordination des rameurs. Ainsi, lorsque l'on s'intéresse aux bateaux sans barreur certaines spécificités liées à l'optimisation des performances et à l'entraînement des rameurs sur ces bateaux doivent être prises en compte (Nolte, 2005, 2011). En effet compte-tenu des positions dans le bateau, les entraîneurs attribuent des rôles aux rameurs, qui sont assis dans le bateau en faisant face à l'arrière du bateau (dos au déplacement). Par exemple, le chef de nage, qui est situé à l'arrière du bateau (il ne voit donc pas son ou ses coéquipiers durant les courses), est censé impulser la cadence de rame pour l'équipage. Les rameurs situés en position 2, 3, 4, etc. (en allant de l'arrière vers l'avant du bateau) sont supposés ajuster leurs mouvements à ceux du chef de nage afin de maintenir une synchronisation optimale.



Figure 4. a) photo d'un équipage de deux de pointe sans barreur ; b) photo d'un équipage de quatre de couple.

De plus, pour réussir, les rameurs doivent non seulement entreprendre une tâche complexe de coordination multi-articulaire et organiser leurs membres pour être au bon endroit au bon moment, mais aussi pour harmoniser ces mouvements pour faire face à un environnement dynamique et fluide (e.g., les vagues, le climat, le courant). Aussi, s'il y a plus d'une personne dans le bateau alors la coordination de ses mouvements avec d'autres est nécessaire. Toutes ces actions doivent être effectuées à des niveaux physiologiques maximaux ou proches d'un effort maximal durant leurs courses et leurs entraînements (Bechard, Nolte, Kedgley et Jenkyn, 2009). Ce niveau de complexité caractéristique de l'aviron nécessite des compétences qui peuvent prendre des années pour être maîtrisées. Une clé pour développer l'expertise en tant que rameur est semble-t-il de devenir hautement sensible aux informations provenant de l'eau et du bateau (Millar, 2014), et de leur donner une signification adéquate, ce qui *in fine* permet aux rameurs de construire des informations clés sur leur synchronisation pour réussir. Essentiellement, l'aviron résulte d'une coordination fine imbriquée entre le rameur, le bateau (i.e., environnement matériel) et l'environnement extérieur. Ces contraintes de la navigation diffèrent en fonction du type de bateau. La longueur du bateau jouant plutôt

sur l'instabilité longitudinale et directionnelle. Les bateaux de pointe sont plus instables que les bateaux de couple sur le plan de l'équilibre latéral et sur le plan directionnel. Les bateaux les plus complexes à maîtriser sont le « deux de pointe sans barreur » car les rameurs doivent propulser le bateau le plus rapidement possible mais doivent dans un même temps équilibrer constamment le bateau sur différents plans (latéral, longitudinal et directionnel). En effet, chaque cycle de rame, et les déplacements concomitants avant-arrière des rameurs sur la coulisse, peuvent s'accompagner de mouvements de roulis (déséquilibres latéraux), de tangage (déséquilibres longitudinaux), et de mouvements de lacets (déséquilibres directionnels) du bateau. Dans ce type de bateau les exigences requises de coordination entre les rameurs sont donc plus importantes, le bateau est plus sensible et donc les effets de la variabilité de la coordination interpersonnelle plus directement perceptible que dans un bateau plus long de type 4 ou 8 de pointe.

Ainsi, un équipage de deux de pointe sans barreur semble être le bateau d'aviron à privilégier car il laisse la possibilité aux rameurs de se (co-)réguler via un ancrage informationnel environnemental. De plus, ce bateau requiert d'importants ajustements comportementaux et une coordination interpersonnelle fine pour que les rameurs performant collectivement.

3 LES ORIENTATIONS DE NOTRE TRAVAIL DE RECHERCHE : SYNTHÈSE ET DIRECTIONS THÉORIQUES, ÉPISTÉMOLOGIQUES ET MÉTHODOLOGIQUES

Au cours de ce travail théorique, nous avons posé plusieurs jalons nous permettant de saisir la complexité des comportements interpersonnels. Notamment, nous avons présenté un aperçu des différentes manières dont la coordination interpersonnelle pouvait être appréhendée et la façon dont les individus pouvaient réguler leurs comportements pour maintenir une coordination interpersonnelle cohérente sur la base d'ancrages informationnels

variés. Ainsi, dans le cadre du présent travail de thèse, nous nous proposons d'analyser l'activité collective en rendant compte de l'agencement des ancrages informationnels et la nécessité d'une co-régulation de l'activité des acteurs engagés dans une situation sportive nécessitant une coordination interpersonnelle telle que l'aviron. Ci-dessous, nous résumons les caractéristiques théoriques et méthodologiques que nous retenons comme porteuses pour le développement et la compréhension de la notion d'interaction. Nous présentons ensuite les axes directeurs adoptés dans notre travail de recherche et l'intérêt de rapprocher les travaux issus des différentes perspectives identifiées dans la littérature.

3.1 Besoins théoriques et méthodologiques

Nous sommes partis d'une revue des différentes manières de définir la coordination interpersonnelle, de la coordination interpersonnelle planifiée à la coordination interpersonnelle émergente intentionnelle en passant par la coordination interpersonnelle émergente non intentionnelle. Par la suite, nous avons mis en exergue les différentes approches théoriques se focalisant sur la coordination interpersonnelle. En commençant le cheminement par une vue « classique » selon laquelle les interactions entre les personnes sont structurées comme une succession d'états mentaux individuels, c'est-à-dire que chaque individu dispose de capacités cognitives qui actualisent les représentations qu'il a d'autrui au fur et à mesure de l'évolution de l'interaction sociale. Nous avons poursuivi en discutant des approches non-représentationnelles qui prennent en compte la dynamique et le caractère auto-organisé des systèmes collectifs comme l'approche éco-dynamique et d'autres qui prennent en compte la phénoménologie des acteurs comme l'approche énaactive. Pour clôturer la première partie nous avons présenté deux objets d'études contrastés dans la littérature scientifique que sont la coordination interpersonnelle spontanée et la coordination interpersonnelle régulée par les acteurs.

Une fois la notion de coordination interpersonnelle émergente intentionnelle et régulée

introduite, nous avons présenté la manière dont les acteurs s’y prenaient pour réguler leur activité individuelle au service de l’activité collective. Ainsi, les différents ancrages informationnels répertoriés dans la littérature ont été présentés pour ensuite discuter de leur agencement en condition écologique. Dans cette perspective, la notion de co-régulation active a été définie et son caractère fondamental dans le processus d’interaction a été remis en question.

A notre sens, afin de mener des études qui appréhendent la dimension située et régulée de la coordination interpersonnelle et l’agencement des régulations individuelles de leur activité, les besoins théoriques et méthodologiques peuvent se formuler en deux points principaux.

Tout d’abord, le besoin de développer des recherches en contexte réel de coordination suppose de développer des méthodologies de recueil de données non-invasives, et plus qualitatives que les travaux expérimentaux menés jusqu’alors. Ainsi, il semble nécessaire de mener des recherches écologiques afin de proposer des hypothèses ouvertes et/ou d’affirmer certaines hypothèses théoriques de la coordination interpersonnelle en train de se faire (Glazier, 2015, 2017).

Ensuite, pour rendre compte des ancrages informationnels individuels et leur agencement au sein d’un collectif, l’étude de la coordination interpersonnelle nécessite d’adopter des cadres théoriques et méthodologiques permettant d’articuler des données phénoménologiques (i.e., données en 1^{ère} personne) et des données mécaniques (i.e., données en 3^{ème} personne). Ce pas méthodologique permet ainsi de rendre compte à la fois des ancrages informationnels intentionnels des acteurs mais aussi d’observer la manière dont elle s’opérationnalise pour la production d’une activité collective.

Ces deux points majeurs que nous avons retenus, suite à notre revue de la littérature scientifique dans le champ des sciences du sport et des sciences du mouvement, servent de

point de départ pour l'étude des ancrages informationnels. Ainsi, il semble nécessaire de s'inscrire dans un cadre théorique et épistémologique interdisciplinaire pour mieux cerner l'agencement des ancrages informationnels et la question de la co-régulation des activités des individus engagés dans une situation sportive écologique.

3.2 Cadre épistémologique et méthodologique général

Au regard des besoins que nous venons de formuler, nous avons souhaité développer deux axes de travail, en respectant deux options épistémologiques.

Dans ce cadre, les travaux que nous avons menés sont complémentaires dans le sens où ils tentent de répondre à la même question de recherche, en suivant toutefois des logiques de développements différentes. D'une part, nous avons caractérisé les supports informationnels rendant compte du partage la perception de l'efficacité collective des individus leur permettant d'ajuster et de maintenir leur coordination interpersonnelle. Cet axe de travail a été mené en référence aux méthodologies employées en sciences du sport dans le cadre de l'approche enactive (Araujo & Bourbousson, 2016). D'autre part, afin d'œuvrer dans la compréhension des phénomènes de co-régulation dans le processus d'interaction, nous avons investigué la manière dont les rameurs compensent réciproquement leur activité comportementale et l'expérience qu'ils font de cette co-régulation. Pour cela, cet axe de travail a testé et adapté une méthodologie proposée en sciences du sport pour l'analyse de la coordination interpersonnelle en référence à la théorie des systèmes dynamiques.

Toutefois, le développement de ces travaux de recherche a respecté deux principales préconisations épistémologiques.

Premièrement, les recueils de données ont tous été réalisés en situation réelle de pratique, avec des méthodes non-invasives (e.g., analyses vidéos, entretiens à posteriori, capteurs mécaniques) et un cadre théorique intégrant la dimension située de l'activité humaine.

Deuxièmement, les phénomènes cognitifs ont été appréhendés en donnant le primat aux significations construites *in situ* par les acteurs se coordonnant en situation, plutôt qu'à l'analyse des données mécaniques et comportementales.

L'approche éactive des couplages sociaux (Araujo & Bourbousson, 2016 ; Bourbousson, 2015 ; De Jaegher & Di Paolo, 2007), dans laquelle nous avons inscrit nos travaux, respecte les préconisations énoncées précédemment. Cette approche englobe plusieurs concepts permettant l'analyse de situations variées (e.g., situations de travail, situations sportives), offrant des objets théoriques mobilisables dans l'analyse des situations réelles et considérant les significations construites par les acteurs comme constitutives des phénomènes observés.

DEUXIÈME PARTIE :
CADRE ÉPISTÉMOLOGIQUE ET
MÉTHODOLOGIQUE

4 ÉPISTÉMOLOGIE GÉNÉRALE

Dans cette partie nous définissons un cadre méthodologique et théorique général permettant un rapprochement entre les différentes littératures présentées dans la partie précédente (i.e., l'approche dynamique et l'approche phénoménologique).

4.1 Conception de l'activité humaine

L'approche éactive a inspiré de nombreux chercheurs au sein de disciplines scientifiques variées: psychologie cognitive, neurosciences, épistémologie, intelligence artificielle, philosophie... (e.g.,; Auvray, Lenay & Stewart, 2009 ; Bitbol, 2005 ; Di Paolo, 2005 ; Froese & Ziemke, 2009 ; Gallagher, 2001 ; Stewart, Gapenne & Di Paolo, 2010). L'ensemble de ces recherches ont pour point commun le rejet des « approches représentationnelles » de la cognition, c'est-à-dire qu'elles réfutent que la cognition s'appuie sur des représentations (i.e., forme de code symbolique traité au sein du cerveau) d'un monde extérieur prédéterminé (e.g., Varela, Thompson & Rosch, 1993). De fait l'approche éactive ne réfute pas la capacité des individus à produire des représentations mentales, mais conteste le rôle central accordé à ces représentations dans l'explication de la cognition, et de l'adaptation des individus à leur environnement (e.g., Maturana & Varela, 1994 ; Varela, 1989a). La voie alternative à ces théories proposée par l'approche éactive s'appuie sur l'émergence d'un couplage structurel plutôt que de représentations mentales (Maturana & Varela, 1994). L'activité d'un individu n'est alors plus considérée comme un système cognitif et un environnement pré-déterminé qui évoluent de manière indépendante mais plutôt comme un processus de co-construction dynamique entre l'acteur et son environnement, c'est-à-dire un couplage structurel acteur-environnement (Varela et al., 1993). Dans cette perspective, le monde connu et le système connaissant ne sont plus pensés comme des objets prédéfinis : ils sont co-constitués par un processus de couplage entre un être vivant, considéré comme une

unité autopoïétique, et un environnement, considéré comme une source de perturbations.

4.1.1 Autopoïèse et autonomie des systèmes vivants

Le paradigme éenactif se fonde sur l'hypothèse que l'organisation des systèmes vivants est une organisation dite autopoïétique. Cette hypothèse, qui met l'accent sur les mécanismes d'autoproduction (du grec *autos* : soi-même et *poiein* : créer, produire) mis en œuvre chez les systèmes vivants, a été théorisée sur la base d'une réflexion théorique et épistémologique en biologie (Maturana & Varela, 1994). D'après Varela (1989b), un élément essentiel pour appréhender les systèmes vivants est de saisir l'évolution de leur structure et de leur organisation. La notion de structure renvoie à l'ensemble des composants physiques du système et à ce qui les lie entre eux. La notion d'organisation désigne quant-à-elle le processus qui détermine les dynamiques des interactions et des transformations qui ont lieu au sein du système. Les notions d'organisation et de structure diffèrent en ce sens que l'organisation d'un système spécifie les relations entre les composants qui forme la structure, c'est-à-dire les règles de leurs interactions et de leurs transformations. En somme, la structure est la concrétisation de cette organisation au sein du système.

Pour Varela (1989b), les systèmes vivants sont autopoïétiques en ce sens où ils conservent leur organisation, au prix de transformations structurelles en fonction des perturbations de leur environnement. De la sorte, un système autopoïétique est « *organisé comme un réseau de processus de production de composants qui (a) régénèrent continuellement par leurs transformations et leurs interactions le réseau qui les a produits, et qui (b) constituent le système en tant qu'unité concrète dans l'espace où il existe, en spécifiant le domaine topologique où il se réalise comme réseau.* » (Varela, 1989b ; p. 45). Ainsi, un système autopoïétique maintient sa viabilité tant que le réseau de processus d'autoproduction des composants qui le constitue perdure face aux perturbations et transformations que ce système peut endurer. Dans cette perspective les perturbations sont des

sources qui stimulent mais ne déterminent pas la nature des modifications compensatrices que le système va opérer sur sa structure dans le but de maintenir son organisation interne (i.e., l'unité du système).

En se basant sur le concept de l'autopoïèse, Maturana et Varela (1994) ont défini l'être humain, issu du couplage formé par lui-même et son environnement, comme un système autonome (i.e., auto-organisé), ou encore opérationnellement clos. L'autonomie d'un système correspond à sa capacité fondamentale à être et à maintenir son organisation, c'est-à-dire son identité. Ainsi, l'acteur est sujet à des changements structuraux continus qui résultent soit d'interactions avec l'environnement dans lequel il évolue, soit de sa dynamique interne.

4.1.2 Couplage structurel et dynamique asymétrique de l'activité : émergence d'un « monde propre »

A partir de la définition du caractère autonome des systèmes vivants, l'étape suivante est de préciser la place de l'environnement dans la dynamique de transformation des systèmes vivants et en l'occurrence des êtres humains.

Une notion centrale de l'autopoïèse est celle du couplage structurel. La notion de couplage structurel renvoie à un processus de sélection de structure du système par l'interaction continue du système avec un environnement constituant une source de perturbations. Cette connexion fondamentale entre l'unité autopoïétique et son environnement (i.e., le couplage acteur/environnement) postulée dans l'approche éactive, pour étudier l'activité humaine, est commune à celle de l'approche écologique (e.g., Gibson, 1979) ou encore celle de l'approche dynamique du contrôle moteur (e.g., Kelso, 1995).

Concernant les systèmes vivants humains, il est possible de repérer trois sources de perturbations récurrentes pouvant engendrer des modifications dans la structure du système : l'environnement, le système nerveux, et les autres systèmes vivants. Ceci a amené Maturana et Varela (1994) à distinguer trois ordres de couplage structurel : (a) un couplage structurel de

premier ordre, entre un système autopoïétique et son environnement (Figure 5a), (b) un couplage structurel de second ordre, entre un système autopoïétique ayant un système nerveux et ce système nerveux (Figure 5b), et (c) un couplage structurel de troisième ordre, entre de tels systèmes autopoïétiques ayant un système nerveux (Figure 5c).

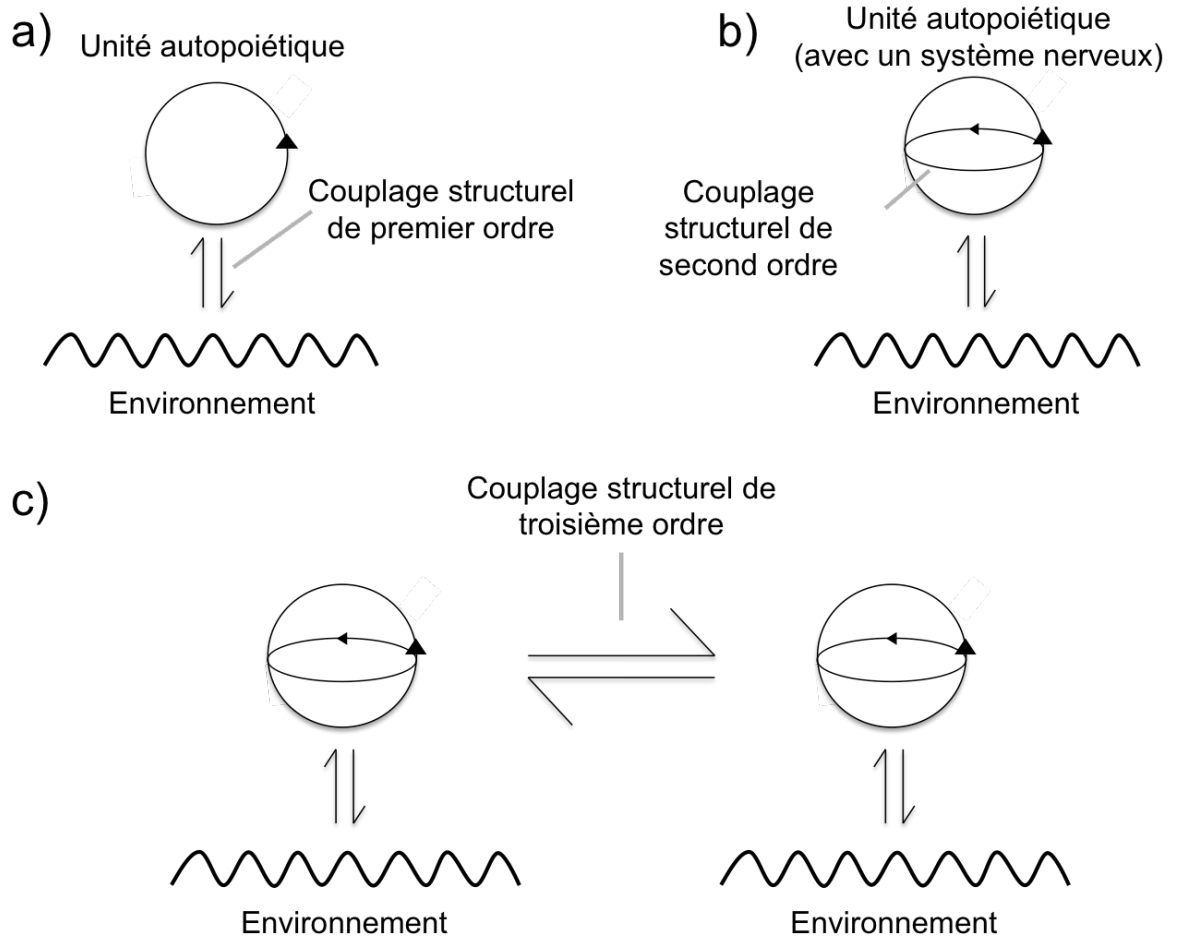


Figure 5. a) Illustration d'un couplage structurel de premier ordre entre une unité autopoïétique et son environnement, b) Illustration d'un couplage structurel de second ordre entre une unité autopoïétique ayant un système nerveux et son système nerveux, et c) Illustration d'un couplage structurel de troisième ordre entre deux unités autopoïétiques ayant un système nerveux.

Un autre point clé du couplage structurel entre l'acteur et son environnement est son asymétrie, c'est-à-dire que l'acteur n'interagit qu'avec les caractéristiques de l'environnement qui sont pertinentes ou qui produisent des perturbations sur sa dynamique interne. Par conséquent, la description de l'activité et de la situation, pour être pertinente, nécessite d'être effectuée du point de vue de la dynamique interne de l'acteur (e.g., Theureau, 2006 ; Varela et

al., 1993). D'une manière connexe et originale Von Uexkul (1965) avait, très tôt, proposé une sorte de phénoménologie du monde animal à partir des connaissances sur les systèmes sensori-moteurs des animaux/insectes et avait tenté de décrire leur perspective propre. Ainsi Von Uexkul, de par ces illustrations (e.g., le monde de la tique), avait déjà pointé la pertinence d'une description des organismes par l'asymétrie de leur couplage, Ainsi, rapporté à l'être humain, une description du point de vue de la dynamique interne de l'acteur permet de rendre compte de la manière dont un acteur spécifie son propre domaine de perturbations et énonce (i.e., fait émerger) son « monde propre » (Merleau-Ponty, 1945). Autrement dit, ce monde propre définit/délimite les perturbations auxquelles l'organisme est sensible.

De la sorte, dans l'étude de la cognition humaine, Varela développe le paradigme énonctif avec comme principale exigence de remettre au centre des investigations scientifiques le vécu, l'expérience, se rapprochant ainsi de la posture phénoménologique (e.g., Merleau-Ponty, 1945)

4.1.3 La régulation active engendré par l'asymétrie du couplage structurel et de l'agentivité des êtres vivants

Le couplage structurel et la notion de monde propre qui sont au cœur de la compréhension de l'activité humaine soulèvent un autre point fondamental qu'est la capacité des acteurs à réguler activement leur propre couplage structurel, c'est-à-dire réguler dynamique leur propre activité en temps réel, sans être seulement le reflet des perturbations environnement rencontrées qui appellent des comportements propres.

4.1.3.1 Adaptativité et asymétrie du couplage structurel

En effet, si la sensibilité (i.e., l'espace de perturbations qu'il a délimité par sa structure et le dynamisme situé de son activité) d'un organisme vivant est déterminée par sa structure, alors l'accumulation des expériences au fil du temps est accompagnée par des transformations

qui reçoivent à chaque instant la sensibilité de l'organisme. Cette dynamique intrinsèque de l'activité d'un système vivant témoigne de l'adaptativité, construite de l'intérieur, du système (Di Paolo, 2005). Dans cette perspective, l'adaptativité signifie l'idée d'une régulation active du couplage structurel, c'est-à-dire engagée par le système lui-même pour le maintien de la viabilité de son organisation. C'est sur la base de cette notion d'adaptativité que le monde propre du système a été introduit comme une construction/transformation active de significations (Di Paolo, 2005). En effet la régulation active repose sur le couplage structurel entre un acteur et son environnement (i.e., acteur en activité) et sur la perspective propre de l'acteur (i.e., perspective que l'acteur projette sur le monde). La régulation active repose donc sur l'asymétrie du couplage avec un acteur et ce avec quoi il peut interagir (i.e., objet). Mais ce n'est pas juste parce que le système est autopoïétique que l'asymétrie nécessaire a été réalisée au sein du domaine d'échange entre l'acteur et l'environnement. Pour rappel, le couplage structurel se repose sur la perturbation mutuelle entre l'organisme et son environnement et cet échange encourage l'organisme à conserver son identité. Dans cette perspective, ce n'est que lorsque ce type de processus est établi que l'organisme est capable de réguler, cet échange afin que le résultat soit, du moins en général, la condition de viabilité la plus adaptée. C'est grâce à cette régulation que les auteurs parlent d'une véritable asymétrie du couplage (Di Paolo, 2005 ; Maturana & Varela, 1994). Toutefois, nous précisons à ce stade que l'asymétrie est une partie intégrante du couplage structurel A/E, et par conséquent cette asymétrie est existante chez des êtres autopoïétiques dénués de conscience (e.g., chez des automates cellulaires ou chez des organismes dénués de système nerveux). Ainsi, l'asymétrie permet aux êtres autopoïétiques de réguler sans « intentions » et aux êtres autopoïétiques munis d'un système nerveux de réguler activement leur couplage structurel.

4.1.3.2 Agentivité et régulation active du couplage structurel

Ainsi, chez l'être humain et probablement certains animaux sentients (i.e., les êtres vivants qui font l'expérience située de leur couplage structurel), l'expérience vient s'immiscer dans la boucle de régulation action/perturbation de sorte que sur la base d'une intentionnalité, ils peuvent réorienter dynamiquement leur activité en fonction de l'adéquation de ce qu'ils perçoivent avec ce vers quoi ils sont tendus. C'est cette capacité que nous appelons régulation active dans notre travail de recherche. La régulation active est donc fondamentalement liée à la manière dont l'individu fait avec l'expérience qu'il a en temps réel de son activité.

Ceci renvoie à la notion de comportement qui est défini comme la régulation asymétrique du couplage structurel ayant une structure intentionnelle, et ce comportement peut réussir ou échouer (Di Paolo, 2005). Ce n'est qu'à cette étape, lorsque l'organisme se « comporte », que nous parlons d'agentivité (Barandiaran, Di Paolo & Rohde, 2009 ; Kelso, 2016 ; Ruiz-Mirazo et Moreno 2000), c'est-à-dire une unité autonome qui s'engage dans son monde propre en régulant activement son échange avec celui-ci à des fins d'adaptation destinées à assurer sa viabilité continue. Ainsi, une délimitation de l'activité à la manière dont elle est régulée activement ne peut se passer de l'expérience de l'acteur, et de la manière dont cette expérience s'immisce dans le cours de son activité.

L'agentivité renvoie à la capacité d'un organisme autopoïétique de se sentir un acteur du monde, c'est-à-dire sa capacité à ressentir les effets qu'il a sur le monde et à réguler son comportement en fonction des effets qu'il perçoit. Dans un article récent, Kelso (2016) définit la notion d'agentivité (i.e., *agency* en anglais), c'est-à-dire la régulation active des individus, et s'appuyant sur des expériences effectuées avec des bébés jouant avec un mobile pour montrer comment un humain devenait un agent couplé activement avec son monde propre (Kelso & Fuchs, 2016 ; Rovee-Collier & Gekoski, 1979 ; Rovee & Rovee, 1969). Rovee et Rovee (1969) ont montré que dès le plus jeune âge les êtres humains avaient la capacité

d'agentivité, pour cela les auteurs ont observé le mouvement du pied des bébés lorsqu'ils étaient face à un mobile qui peut produire du son si on le met en mouvement. Dans une première phase les bébés n'étaient pas couplés physiquement au mobile puis dans une seconde phase les bébés étaient reliés par un fil, au niveau du pied, au mobile et enfin lors d'une troisième phase le fil était enlevé. Les auteurs ont démontré que les bébés agitaient le pied bien plus souvent lorsqu'ils étaient couplés physiquement avec le mobile (e.g., entre 30 et 40 mouvements par minute) que lorsqu'ils n'étaient pas reliés au mobile (e.g., environ 10 mouvements par minute). En effet, le bébé fait l'expérience d'être l'auteur des effets qu'il perçoit et réitère ses comportements pour observer/vivre son agentivité, ce qui lui procure un plaisir, se sentir l'auteur des effets constatés, l'auteur de ses actes. L'agentivité est apparentée à l'effet de sentir que l'on a un pouvoir sur le monde, que l'on est actif et susceptible de générer/contrôler certaines perturbations extérieures qui nous reviennent. En somme, cette expérience témoigne de la capacité humaine à réguler son activité en fonction de son monde propre (i.e., agentivité). En effet, dans ce cas le bébé va continuer son comportement tant qu'il perçoit l'effet escompté de son activité, ici le son produit par le mobile et l'effet de joie que cela procure au bébé, dès lors que le couplage structurel a été modifié (i.e., le bébé n'est plus relié au mobile), en ce sens où il n'y a plus d'interaction mutuelle avec son environnement, le bébé va cesser d'agiter ses pieds comme il le faisait auparavant. Cette illustration témoigne de la possibilité des agents à réguler activement (i.e., intentionnellement) leur activité en fonction de leur environnement mais aussi d'autrui. Dans le présent travail de thèse, nous entendons par « mode de régulation » la récurrence d'un phénomène de régulation, c'est-à-dire que l'acteur, dans une relation particulière avec l'environnement ou autrui, utilise les mêmes ancrages informationnels pour produire son action. Dans cette perspective, les modes de régulation peuvent être renseignés en questionnant l'expérience vécue des acteurs qui est

selon Varela (Varela et al., 1993), la « description symbolique acceptable » du couplage structurel (i.e., cette description est dite acceptable car elle respecte l'asymétrie du couplage).

4.2 Conception de l'activité collective

Concernant l'étude des activités humaines collectives, nos présupposés ontologiques relatifs à l'activité sont toujours maintenus et étendus aux phénomènes collectifs. Toutefois, certaines spécificités complémentaires sont à préciser qui s'ajoutent à ceux de l'activité humaine individuelle.

4.2.1 La notion de couplage de troisième ordre au cœur de l'approche énaïve de l'activité collective

Lorsque deux ou plusieurs systèmes autopoïétiques interagissent, un couplage entre ces unités autonomes peut survenir (Maturana & Varela, 1994), dans un certain domaine, dès lors que le comportement de chacun des systèmes dépend du comportement des autres. Ce couplage, dit de troisième ordre (Maturana et Varela, 1994), résulte de transformations mutuelles que les systèmes autopoïétiques subissent lorsqu'ils sont en interaction. Le couplage de troisième ordre résulte de l'activité des systèmes autopoïétiques qui constitue des sources de perturbations réciproques pouvant être compensées (Peschard, 2004).

Le couplage structurel de troisième ordre se détache des couplages structurels de premier et de second ordre en ce sens où ces deux derniers construisent des domaines de phénomènes, respectivement celui des interactions du système vivant avec son environnement (i.e., domaine cognitif) et celui des interactions du système vivant avec son système nerveux (i.e., domaine de structure). Ces domaines de phénomènes sont spécifiés par des unités, le système vivant pour le couplage structurel de premier ordre et le système nerveux pour le couplage structurel de second ordre. Par contre le couplage structurel de troisième ordre, s'il construit lui aussi un nouveau domaine de phénomènes (i.e., domaine consensuel), n'est pas

spécifié par une nouvelle unité. Les systèmes vivants qui entrent en couplage structurel de troisième ordre ne constituent pas un super-système vivant (e.g., Theureau, 2006).

Dans une approche éactive de l'activité collective, la focale n'est pas sur l'individu mais sur le processus d'interaction. Le processus d'interaction est même considéré par certains auteurs comme constitutif de la cognition sociale en ce sens où l'interaction est le processus cognitif de l'activité collective (i.e., cognition sociale) (De Jaegher & Di Paolo, 2007 ; De Jaegher, Di Paolo, & Gallagher, 2010).

Pour convaincre sur le rôle-clé que joue l'interaction située entre les individus dans leur activité collective, De Jaegher et Di Paolo (2007) s'appuient sur l'expérience de Murray et Trevarthen (1985) où des mères et leurs bébés âgés de deux mois sont placés dans des pièces séparées et interagissent par le biais d'un moniteur TV. Le résultat clé de cette expérience étant le désintérêt des bébés lorsqu'ils étaient confrontés à une vidéo de leur mère qui était enregistrée. À l'inverse, lorsque les bébés étaient confrontés à une vidéo en direct (i.e., interaction bidirectionnelle ; la maman s'adapte en temps réel à son enfant) des réactions de leur mère, c'est-à-dire que le fil de l'interaction situé n'était pas rompu, les bébés restaient attirés et focalisés sur la vidéo. Sur la base de ces résultats De Jaegher et Di Paolo (2007) suggèrent que ce qui rend la vidéo attrayante n'est pas l'adéquation de l'image avec la représentation que l'enfant a de sa mère mais le processus situé et bidirectionnel de l'interaction lui-même. Ainsi, l'interaction, au sens située et mutuelle est constitutive, et ce dès le plus jeune âge, de la cognition sociale. Ce phénomène représente donc un niveau d'analyse qu'il faut considérer pour lui-même.

Ce niveau d'analyse, l'interaction sociale, connaît depuis un intérêt premier dans d'autres approches telle que la *cognition collective interactive* (*Interactive Team Cognition*) de Cooke et collaborateurs (Cooke & Gorman, 2009 ; Cooke, Gorman, Myers & Duran, 2013) et celle des groupes comme système complexes adaptatifs (Arrow, McGrath & Berdahl,

2000 ; Davids, 2015 ; Ramos-Villagrasa, Marques-Quintero, Navarro & Rico, 2017). Ensemble ces approches proposent d'étudier la cognition collective à l'aide d'une approche « située » centrée sur les interactions entre les activités individuelles des acteurs, c'est-à-dire focalisée sur les processus d'articulation des activités individuelles.

4.2.2 La place de la phénoménologie des acteurs engagés dans une situation de co-régulation

L'approche énative vise à décrire quel rôle joue les phénomènes de conscience chez les acteurs engagés dans une activité collective, et plus particulièrement la capacité des acteurs à partager des expériences et à se comprendre mutuellement. Dans un premier temps, il est utile de préciser que les phénomènes de coordination interpersonnelle ne donnent pas tous lieu à une régulation active et par conséquent ne sont pas tous des phénomènes d'interaction sociale (De Jaegher & Di Paolo, 2007). Par exemple des corrélations interpersonnelles non-accidentelles (i.e., un pattern spatiotemporel est identifiable) peuvent survenir sans pour autant être régulés activement, et *in fine* sans être vécus comme tels par les acteurs (cf. l'illustration que nous avons proposée P. 52, L. 21-23). Dans les cas où les individus ne se régulent pas activement entre eux pour produire une coordination interpersonnelle complexe (i.e., interaction sociale), les mondes-propres des deux acteurs ne se co-déterminent d'aucune manière, c'est-à-dire que les acteurs ne stimulent pas réciproquement leurs domaines de perturbations.

De plus, l'approche énative considère que, dans les situations collectives où il y a co-régulation entre les acteurs, la coordination interpersonnelle affecte l'expérience vécue des acteurs (De Jaegher & Di Paolo, 2007). En effet, en reprenant l'idée que l'expérience vécue d'un acteur est directement ancrée dans son activité individuelle et la composante essentielle de la régulation active du couplage structurel, l'activité collective (si elle est définie comme un processus de co-régulation active de la coordination interpersonnelle) va elle aussi affecter

l'expérience vécue de l'acteur. L'approche énaïve considère aussi que les activités individuelles et les expériences vécues peuvent se coordonner entre elles. En effet, puisque la régulation active du couplage structurel de troisième ordre se fait par la coordination des mouvements, et que ceux-ci servent la construction de significations (i.e., perspective propre), alors les individus peuvent coordonner leurs mondes propres lors des instants où ils sont dans une situation d'interaction sociale.

Dans cette perspective, les coordinations entre les individus ne sont pas uniquement observables au niveau comportemental mais aussi au niveau phénoménologique. C'est cette capacité des acteurs à coordonner leurs mondes propres que De Jaegher & Di Paolo (2007) appellent *participatory sense-making* (i.e., participation à la construction de significations partagées). Ce phénomène apparaît lorsque le monde propre de l'un des acteurs est affecté par autrui, il en découle alors un nouveau domaine de significations sociales qui est généré et n'appartenant pas à un des acteurs engagés dans l'interaction sociale. La cohérence qui se crée entre les activités de construction de significations et les patterns comportementaux de coordination interpersonnelle qui la permettent ne relève ni d'une simple superposition entre des phénomènes physiques et des phénomènes expérientiels mais concrétise ce qu'est la cognition collective en tant qu'articulation des domaines cognitifs de plusieurs acteurs en interaction (Bourbousson, 2015 ; De Jaegher & Di Paolo, 2007).

4.3 Méthodologie générale

Dans cette partie nous exposons les précautions que nous avons prises dans le cadre de nos travaux de thèse, afin de construire des observatoires respectueux d'une approche pleinement énaïve. Ainsi, dans un premier temps nous définissons les objets théoriques relatifs à l'activité humaine et collective telles que nous les concevons, dans un deuxième temps les méthodes de recueil des données phénoménologiques et mécaniques et dans un dernier temps la manière dont nous avons articulé les différentes données recueillies.

4.3.1 Objets théoriques et recueil des données phénoménologiques

Nos travaux de recherche se sont ancrés dans l'approche énaactive de l'activité collective. Dans ce sens, nous avons fait le choix d'inscrire notre travail dans le programme de recherche du cours d'action dans le but d'opérationnaliser le recueil des données phénoménologique rendant compte d'une description en première personne. En effet, ce programme de recherche a été mobilisé dans de nombreuses études sur l'activité individuelle et collective dans les champs des sports. Dans cette partie nous présentons succinctement (a) les différents objets théoriques propres à ce programme, (b) la méthodologie permettant de recueillir les données permettant de documenter ces objets théoriques et (c) les principes d'analyse des données phénoménologiques.

4.3.1.1 Objets théoriques

Theureau (1992, 2004, 2006, 2009) définit plusieurs objets théoriques afin d'effectuer une description symbolique acceptable du domaine cognitif de l'acteur. Ces objets théoriques réduisent l'activité à sa partie préreflexive (Theureau, 2006).

4.3.1.1.1 Objets théoriques permettant une description symbolique acceptable du domaine cognitif de l'acteur

Dans le cadre du programme de recherche du cours d'action, la définition des objets théoriques est fondée sur le postulat que le niveau de l'activité qui est significatif du point de vue de l'acteur, sa conscience préreflexive, est un niveau d'organisation autonome et pouvant donner lieu à des observations, descriptions, et explications valides et utiles (Theureau, 1992). En d'autres termes, la description et l'explication des phénomènes préreflexifs de l'activité contribuent à la connaissance globale de l'activité sans pour autant rendre compte de l'ensemble des niveaux d'organisation de l'activité. La conscience préreflexive semble être le niveau adéquat pour un travail de recherche qui vise à rendre compte de la manière dont les acteurs régulent activement leur activité conjointe. En effet, il ne peut y avoir de régulation

active sans expérience de l'activité en train de se faire et c'est plus précisément avec la part qui lui est immédiatement compréhensible (i.e., explicite) qu'il régule activement son activité, ce que Sartre appelle la « compréhension du vécu » ou que Theureau nomme la conscience préreflexive.

La description symbolique acceptable du domaine cognitif de l'acteur est effectuée à l'aide de différents objets théoriques tels que : (a) le cours d'expérience, (b) le cours d'action et (c) le cours d'in-formation. Ici nous ne présentons pas l'objet théorique du cours de vie relatif à une pratique qui aborde l'activité sur des empan temporels relativement longs et discontinus, ce qui s'éloigne des intérêts de nos travaux de recherche.

Le cours d'expérience correspond à la construction de sens pour l'acteur, c'est-à-dire l'histoire de sa conscience préreflexive au cours d'une période de son activité, ou encore l'histoire du « montrable, racontable, et commentable » qui accompagne son activité à chaque instant (Sève & Saury, 2010 ; Theureau, 2006). Cet objet théorique concerne l'expérience de surface, celle qui peut être exprimé par un acteur à un interlocuteur moyennant des conditions favorables (e.g., un climat de confiance entre un acteur et son interviewer). La conscience préreflexive se distingue de la notion de prise de conscience au sens de Piaget (1974) où l'acteur conceptualise son activité ou encore de la conscience réflexive au sens de Schön (1983, 1994) où l'acteur revient sur son activité passée pour en faire l'analyse. Toutes ces formes de conscience sont constitutives de l'activité humaine mais seule la conscience préreflexive l'est de façon organique en ce sens où les autres formes de conscience constituent des périodes d'activité avec leur propre conscience préreflexive (Theureau, 2006).

Le cours d'expérience est la construction des phénomènes de l'activité pour l'acteur et porte sur la construction de significations pour l'acteur lors de son activité. Cet objet théorique possède son propre intérêt, cohérence, et intelligibilité. Il est essentiel pour la construction des autres objets théoriques du cours d'action dont la définition respecte « le

primat du cours d'expérience » ou encore « primat de l'intrinsèque ». Ce « primat du cours d'expérience » garantit la définition d'objets théoriques permettant la reconstruction de l'activité de l'acteur du point de vue de sa dynamique interne et constitue donc une opérationnalisation du programme éactif dans son lien avec la phénoménologie. C'est aussi un point d'entrée favorable à l'appréhension de phénomènes de régulation active de l'activité.

Le cours d'action constitue une description de l'activité humaine qui dépasse l'activité telle qu'elle ressort de l'expérience de l'acteur, c'est-à-dire que la description du cours d'action permet une description symbolique acceptable de l'effet de surface de la dynamique du couplage structurel d'un acteur avec sa situation. Le cours d'action est une description de l'activité intégrant ses contraintes et effets (liées au sujet, à la situation, à la culture) pertinentes du point de vue du cours d'expérience de l'acteur (et pas seulement tel qu'un observateur extérieur pourrait les rapporter). Dans cette perspective, la description du cours d'expérience est associée aux éléments situationnels qui ont participé à la dynamique de la conscience préreflexive. En d'autres termes, le chercheur cherche à décrire les contraintes qui pèsent sur l'expérience et les effets produits par celle-ci. Ces contraintes et effets sont diverses et peuvent relever du corps, de la situation, ou encore de la culture. La description de ces contraintes et effets s'appuie sur la conscience préreflexive de l'acteur d'une part, et sur des observations du chercheur d'autre part.

Le cours d'in-formation englobe la dynamique de l'ensemble du domaine cognitif. Comme la description du cours d'action, la description du cours d'in-formation, pour être admissible, passe par celle du cours d'expérience. Mais contrairement à l'analyse du cours d'action, qui donne un primat à la perspective propre de l'acteur permettant de recueillir les contraintes et effets au filtre de son expérience, le cours d'information prend en considération des éléments relevant du corps, de la situation et de la culture qui n'entrent pas dans l'activité montrable, racontable et commentable de l'acteur, ainsi que son expérience (Theureau, 2006).

Tous ces éléments qui ne sont pas inscrits dans la conscience préreflexive de l'acteur restent néanmoins pertinents pour son organisation interne à chaque instant. L'analyse du cours d'information se fonde à la fois sur les données de la conscience préreflexive, sur des données d'observation du chercheur relevant du corps, de la situation et de la culture de l'acteur, et sur des données d'observation du chercheur du comportement de l'acteur n'ayant pas donné lieu à expérience.

En somme, le cours d'expérience renvoie au flux de la compréhension du vécu. Le cours d'action renseigne l'activité de l'acteur, en intégrant un primat au cours d'expérience pour décrire cette activité. Le cours d'information renvoie à la dynamique du couplage structurel, intégrant le cours d'action tout en le dépassant pour rendre compte de ce qui ne donne pas lieu à expérience durant l'activité. Ainsi, la régulation active de l'acteur ne constitue pas l'ensemble de son couplage structurel.

4.3.1.1.2 Objets théoriques rendant compte de l'activité collective

Theureau (2006) propose de reprendre les différents acquis concernant l'analyse des différents objets théoriques, dans le but de permettre la documentation du domaine consensuel entre plusieurs acteurs et d'ouvrir sur la considération d'une certaine autonomie des collectifs.

Dans la même lignée que l'approche éactive étendue aux couplages sociaux (Bourbousson, 2015 ; De Jaegher & Di Paolo, 2007 ; Froese & Di Paolo, 2011), le cadre théorique et méthodologique du cours d'action ne cherche pas à développer une étude du domaine consensuel en tant que tel (c'est-à-dire sans prendre en compte les domaines cognitifs des différents acteurs), c'est-à-dire ne pas sombrer dans un collectivisme méthodologique.

Ainsi, afin d'éviter de rentrer dans un collectivisme méthodologique, le programme de recherche du cours d'action appréhende l'activité collective comme l'articulation collective des différents objets théoriques, c'est-à-dire l'articulation des domaines cognitifs individuels

potentiellement consensuels de plusieurs acteurs (Theureau, 2006). Autrement dit, il s'agit de reconstruire l'activité d'un collectif à partir de l'analyse des activités individuelles des acteurs participant à ce collectif, et de comprendre comment ce collectif influe sur les activités individuelles, le programme de recherche du cours d'action adopte en ce sens un situationnisme méthodologique. Dans cette perspective, l'activité collective est en perpétuelle construction/déconstruction/reconstruction et nécessite d'envisager l'appréhension simultanée de son autonomie et de celles des activités individuelles dans le but de comprendre comment ces deux autonomies se constituent l'une au regard de l'autre. Autrement dit, le collectif est un système adaptatif qui résulte de l'interaction entre les acteurs, c'est pourquoi Theureau réemploie l'aphorisme de Sartre « *Le collectif est une « totalité » constamment « détotalisée » par l'activité de ses composants* » (Theureau, 2006, p.95).

Ainsi, au sein du programme de recherche du cours d'action (Theureau, 2006, 2009), des objets théoriques dédiés à la reconstruction par le chercheur de l'activité collective ont été définis et reposent sur les objets théoriques de l'activité humaine individuelle : (a) l'articulation collective des cours d'expérience de plusieurs acteurs reflétant à la fois la construction de significations individuelles pour chacun d'eux et de la construction de significations communes aux acteurs à chaque instant, (b) l'articulation collective des cours d'action de plusieurs acteurs reflétant la construction de significations communes et de leurs contraintes et effets, et (c) l'articulation collective des cours d'in-formation de plusieurs acteurs.

L'articulation collective des cours d'expérience de plusieurs acteurs se définit comme la construction collective d'un sens commun ou d'une compréhension du vécu commun. Cet objet théorique permet de renseigner la notion de participation à la construction de significations partagées (*participatory sense-making*) développée dans une approche énaïve des couplages sociaux par De Jaegher et Di Paolo (2007). Ainsi, l'articulation collective des

cours d'expérience de plusieurs acteurs renseigne la partie sociale de la coordination, c'est-à-dire qu'elle ne renseigne pas sur les corrélats comportementaux non-accidentels de l'interaction sociale mais uniquement sur le partage de la perspective propre des acteurs.

L'articulation collective des cours d'action de plusieurs acteurs se définit comme la construction collective d'un sens commun, avec ses effets et ses contraintes. Cet objet théorique permet de renseigner plus globalement l'interaction sociale, telle qu'elle est définie dans l'approche énative, en ce sens où l'articulation collective des cours d'action se construit sur l'articulation collective des cours d'expérience, et renseigne donc la construction des significations partagées, mais aussi sur les corrélats comportementaux non-accidentels qui ont amené à expérience (i.e. les effets et contraintes de l'expérience sur l'activité des acteurs).

L'articulation collective des cours d'in-formation de plusieurs acteurs se définit comme la construction collective des domaines cognitifs de plusieurs acteurs ou encore comme la dynamique du couplage structurel collectif. Cet objet théorique permet de renseigner l'activité collective dans sa globalité, c'est-à-dire l'interaction sociale accompagnée de tout ce qui peut contraindre les acteurs et/ou l'interaction sociale sans pour autant amener à expérience.

Les objectifs et les caractéristiques de nos études nous ont amené à privilégier l'articulation collective des cours expériences pour appréhender l'activité expérientielle des rameurs (i.e., la régulation active). Les approches non-réductrices de ces objets théoriques de l'activité collective sont coûteuses à mettre en œuvre (e.g., observations et enregistrements couvrant à la fois la situation collective et les situations individuelles) et, par conséquent, n'ont pas encore donné lieu à un grand nombre d'études empiriques (Poizat, Bourbousson, Saury & Sève, 2009 ; Seifert et al., 2016, 2017 ; Sève et al., 2013). Ces réductions permettent au chercheur d'ajuster au mieux la méthode d'analyse de l'activité humaine et/ou collective à mobiliser en fonction des besoins empiriques et pratiques associés aux travaux de recherche.

4.3.1.2 Méthode de recueil des données

Dans le but d'opérationnaliser ces objets théoriques, un recueil de données valides et pertinentes est essentiel pour documenter ces objets théoriques en question. Nous présentons dans cette sous-partie (a) l'observatoire et (b) la procédure pour recueillir les données d'expérience vécue.

4.3.1.2.1 Observatoire et recueil des données permettant de décrire

l'activité réalisée

Ces données sont recueillies à l'aide d'un observatoire permettant d'appréhender les éléments observables de l'activité en cours et de la situation depuis un point de vue extérieur, ainsi que la conscience préreflexive des acteurs accompagnant cette activité (Theureau, 2006).

L'observatoire est construit sur la base de présupposés ontologiques relatifs à l'activité humaine que nous avons précédemment cité, et d'un ensemble d'hypothèses empiriques (Theureau, 2006). Nous entendons par observatoire de recherche, l'ensemble des méthodes de construction des données par l'observation-interlocution et les méthodes d'analyse des données ainsi construites, afin de documenter les objets théoriques conformément à nos présupposés ontologiques relatifs à l'activité humaine et collective (Theureau, 1992).

De manière générale, un observatoire relatif à un objet théorique du programme de recherche du cours d'action met en relation des enregistrements continus (e.g., vidéo et/ou audio) du comportement des acteurs dans leur environnement avec les communications que les acteurs ont été amenés à verbaliser lors de cette même activité. Cet observatoire est construit sur la base d'une « théorie de l'observatoire » prenant en compte les hypothèses concernant les objets théoriques, les situations d'observation-interlocution, ainsi que la mémorisation et le rappel (Theureau, 2006). En lien avec les objectifs de nos études, nous avons choisi une reconstruction de l'activité des rameurs lors de leurs courses, en nous référant aux objets théoriques cours d'expérience et articulation des cours d'expérience. Nous

avons ainsi construit des observatoires, permettant de recueillir des données nécessaires à la documentation et l'analyse des objets théoriques supports des différentes études.

Deux types de données ont été recueillies lors de nos études : (a) les traces de la dynamique du comportement des rameurs en situation de courses aménagées (e.g., vidéo, outils de mesure embarqués) et de leur environnement (e.g., bateau, fleuve), et (b) les verbalisations des rameurs lors d'entretiens d'autoconfrontation. A ces données se sont ajoutés des méthodes spécifiques dédiées au recueil de données mécaniques, via des outils de mesure embarqués, qui, croisées avec les données phénoménologiques, ont permis de renseigner plus précisément l'activité des rameurs. Dans cette partie, nous évoquons uniquement les traces de la dynamique du comportement et de l'environnement obtenues à l'aide de la vidéo. Ces données sont essentielles et complémentaires à l'analyse des données phénoménologiques.

Ce type de données comportementales et contextuelles récoltés pendant l'activité des acteurs permet (a) à l'acteur de se replonger dans son activité passée et de la commenter par le biais d'entretien d'autoconfrontation, (b) de confronter le vécu de l'acteur à ses comportements passés dans le but de faire face aux limites de la seule prise en compte des données de verbalisation, et (c) de confronter le vécu de l'acteur à ses comportements passés dans le but de pointer d'éventuelles incohérences entre ce qu'exprime l'acteur sur son activité et son comportement manifeste.

Dans le cadre de nos travaux, les traces continues de la dynamique du comportement et de l'environnement étaient assimilées à des données d'enregistrement vidéo et des données mécaniques recueillies lors de courses aménagées. Les enregistrements vidéo ont notamment servi de support aux entretiens d'autoconfrontation et à vérifier la temporalité des verbalisations. Les données mécaniques ont servi uniquement à l'analyse empirique de l'activité. Les courses étaient filmées à l'aide de deux caméras. Deux chercheurs filmaient

l'activité de chacun des rameurs depuis un bateau suiveur conduit par le coach dans le but de ne pas altérer l'activité de rame des rameurs. Ceux-ci étant habitués à ramer avec un bateau suiveur où le coach peut intervenir/réagir sur l'action des rameurs en prodiguant des retours sur leurs coups de rame). Les caméras étaient réglées de façon à enregistrer en continu les actions des deux rameurs (Figure 6).



Figure 6. Exemple de plan obtenu à l'aide du dispositif d'enregistrement de l'activité des rameurs au cours de leur course.

4.3.1.2.2 Entretien d'autoconfrontation et précautions méthodologiques inhérentes au recueil des données phénoménologiques

Au sein du programme de recherche du cours d'action, les méthodes de recueil des données phénoménologiques visent à renseigner la conscience préreflexive de l'acteur, c'est-à-dire l'effet de surface de la dynamique du couplage structurel (Theureau, 2006).

Dans l'ensemble de nos travaux de recherche, l'entretien d'autoconfrontation a servi comme méthode de recueil de données utiles à la construction des descriptions en première personne. Les données recueillies étaient essentiellement des verbalisations accompagnées par quelques monstrations. Cette forme d'entretien confronte l'acteur aux traces de son activité

passée (e.g., enregistrement audio-visuel) et l'invite à commenter cette activité. Ces dernières années, l'entretien d'autoconfrontation a pris une place de plus en plus importante dans l'analyse de l'activité collective en situation sportive (Bourbousson et al., 2008, 2010, 2015 ; Poizat et al., 2009 ; Seifert et al., 2016, 2017 ; Saury, Nordez & Sève, 2010; Sève et al., 2013).

Dans le programme de recherche du cours d'action, l'entretien d'autoconfrontation vise l'évocation différée par l'acteur, face à un interviewer qui a observé son comportement lors de la situation, de sa conscience préréflexive à chaque instant grâce à un « revécu » de son activité passée. Cette remise en situation dynamique est possible grâce à la confrontation de l'acteur face aux enregistrements vidéo et audio de son activité passée. Ainsi, l'interviewer amène l'acteur à « revivre » et « se replonger » dans son activité passée dans le but de faire resurgir les interprétations, préoccupations, perceptions, focalisations, et/ou sentiments ayant accompagnés cette activité passée.

En utilisant cette méthode de recueil de données, nous ne prétendons pas accéder à l'ensemble de l'activité des acteurs *in situ* mais à une description symbolique acceptable de leur conscience préréflexive, c'est-à-dire la partie de leur activité qui est montrable, racontable, et commentable par les acteurs à tout instant. Le couplage acteur-environnement construit au fil de l'entretien d'autoconfrontation ne peut pas être identique au couplage acteur-environnement tel qu'il a émergé lors de l'activité réalisée *in situ* par l'acteur. Il consiste en un nouveau couplage et une nouvelle activité. Toutefois, les résultats des nombreuses recherches ayant exploité cette forme de recueil des données phénoménologiques suggèrent que l'entretien d'autoconfrontation permet de se rapprocher au maximum du couplage « réel » pour pouvoir rendre compte de la dynamique de l'organisation de l'action du point de vue de l'acteur lors de l'activité passée (Theureau, 2006).

Les entretiens d'autoconfrontation ont été menés avec les rameurs le même jour que les courses permettant de recueillir les données phénoménologiques les plus complètes possibles. Lors de ces entretiens, le rameur et le chercheur visionnaient l'enregistrement vidéo et audio de leur course, la vidéo servant de support pour mettre le rameur dans les meilleures conditions pour se replonger et décrire son activité passée. Les entretiens étaient intégralement enregistrés à l'aide d'une caméra vidéo et d'un dictaphone (Figure 7). Le rameur était invité à décrire et expliciter la dynamique de son activité au fil de l'enregistrement. Le rameur et le chercheur avaient tous les deux la possibilité d'intervenir sur le défilement de la vidéo (e.g., mettre la vidéo en pause, retour en arrière). Dans le but de recueillir des verbalisations relatives à l'activité passée permettant ensuite de faciliter la reconstruction du cours d'action, le chercheur était amené à relancer le rameur. Ces relances portaient essentiellement sur des actions qui semblaient significatives pour un observateur extérieur ou sur les actions que le rameur avait préalablement décrites lors du visionnage vidéo, mais de manière succincte (Theureau, 1992, 2006 ; Vermersch, 1994). Elles avaient pour but (a) de centrer l'attention du rameur sur un événement particulier (e.g., « Et là on voit que ta hauteur de pelle change... »), (b) de l'inciter à préciser son activité (e.g., « Tu dis quoi à ce moment-là... »), et (c) d'obtenir des informations supplémentaires (e.g., « Et ça tu le prenais en compte à ce moment-là ? »). Les relances avaient pour objectif de contraindre l'acteur à décrire, raconter et commenter au fur et à mesure les traces de son activité passée.



Figure 7. Exemple de plan obtenu lors de l'enregistrement de l'autoconfrontation d'un rameur.

Moyennant des critères et des méthodes d'établissement des conditions de l'autoconfrontation et de réalisation de l'autoconfrontation proprement dite, les verbalisations obtenues reflètent la conscience préréflexive, c'est-à-dire le cours d'expérience de l'acteur à chaque instant. Des précautions concernant la conduite des entretiens ont été prises dans le but d'assurer une qualité du recueil de données de verbalisation suffisante pour documenter les objets théoriques du programme de recherche du cours d'action. Ainsi ces précautions permettaient entre autres de garantir la validité et la sincérité des propos de l'acteur concernant la remise en situation dynamique des acteurs.

Dans un premier temps, une période d'appropriation de l'entretien d'autoconfrontation était laissée aux rameurs participant à l'étude. La première partie des premiers entretiens d'autoconfrontation réalisés avec les rameurs portait sur une portion d'activité qui n'était pas l'objet de la recherche. Ce petit temps (environ 15 minutes) préalable aux entretiens leurs ont permis de s'accoutumer aux spécificités de ces entretiens et d'instaurer un climat de confiance. Dans un deuxième temps, les entretiens se déroulaient le jour même de l'activité étudiée. Ce faible délai facilitait le rappel des rameurs. Dans un troisième temps, l'entretien d'autoconfrontation commençait par le visionnage de l'entrée dans le bateau et de

l'échauffement des rameurs afin de faciliter la remise en situation dès le début de la course. Dans un quatrième temps, les relances du chercheur, qui servait aux rameurs à se « replonger » dans leur activité passée et de restituer leur expérience vécue, évitaient les demandes de justification et de généralisation de façon à ce que les rameurs ne s'engagent pas dans une analyse critique ou distanciée de leur activité passée. En effet, la prise de recul des rameurs et l'analyse à posteriori vis-à-vis de leur activité passée lors des entretiens ne reflètent dès lors plus leur couplage acteur/environnement tel qu'il a émergé lors de la situation « réelle ». Un questionnement type a été envisagé avec des relances portant sur les sensations (« Comment te sens-tu à ce moment ? »), les perceptions (« Qu'est-ce que tu perçois ? »), les focalisations (« A quoi fais-tu attention ? »), les préoccupations (« Qu'est-ce que tu cherches à faire ? »), les émotions (« Qu'est-ce que tu ressens ? »), et les pensées et interprétations (« Qu'est-ce que tu penses ? » ; « Qu'est-ce que tu dis ? »). L'enjeu pour le chercheur était de relancer le moins possible le rameur dans le but de ne pas interrompre et perturber la dynamique de remise en situation du rameur. Dans un cinquième et dernier temps, le chercheur s'est formé grâce à des lectures de la littérature spécialisée. Le chercheur s'est aussi formé auprès des entraîneurs et a suivi les rameurs lors de nombreuses séances (une dizaine de séances) d'entraînements, dans le but (a) d'instaurer un climat de confiance avec les rameurs et (b) de partager une culture et des vocables techniques communs facilitant la compréhension de la description de l'activité et évitant des relances amenant l'acteur dans un registre explicatif (e.g., pratiques usuelles d'entraînement), fragmentant de surcroît l'entretien d'autoconfrontation et augmentant les chances de briser la dynamique de remise en situation.

4.3.1.3 Analyse des données

Dans cette sous section, nous présentons (a) la manière dont nous avons reconstruit les cours d'expérience et (b) les procédures de validation du traitement des données phénoménologiques.

4.3.1.3.1 L'expérience humaine : une construction de signes

Une description symbolique acceptable de l'activité humaine est possible en s'appuyant sur le cours d'expérience des acteurs, le programme de recherche du cours d'action se fonde sur un cadre d'analyse sémiologique comme modèle générique de reconstruction par le chercheur de l'expérience humaine (Theureau, 1992, 2006). Ce cadre d'analyse sémiologique du programme de recherche du cours d'action se base sur l'idée de la « pensée signe » de Peirce (1978, 1984). En d'autres termes, la « pensée signe », ou « activité signe » (Theureau, 1992, 2006), renvoie à l'idée que l'acteur pense et agit par signes (i.e., penser ou agir consiste à construire des significations). Dans cette logique, le fil de pensée est continu et inachevé, c'est-à-dire que la pensée est ancrée dans un enchaînement de signes qui structurent celle-ci (i.e., les signes découlent de signes précédents et en appellent d'autres) (Peirce, 1984). Ainsi, la description et l'analyse du cours d'expérience renvoient à la reconstruction de ce flux de signes. Theureau (2006) propose la notion de « signe hexadique ». Cette notion de signe hexadique permet une description de l'expérience cohérente avec l'approche énaïve (Varela, 1989), en ajoutant à l'approche énaïve l'hypothèse selon laquelle l'expérience est une concaténation de signes, et de ses présupposés relatifs à l'activité humaine.

A noter que lorsqu'un acteur décrit son activité, il a tendance à découper la dynamique continue de son activité en unités significatives (i.e., une sorte d'unité de sens pour l'acteur de son activité). Au sein du programme de recherche du cours d'action, ces unités significatives sont nommées des Unités de Cours d'Expérience (UCE; que nous avons nommé « *phenomenological experiential units* » R'Kiouak, Saury, Durand & Bourbousson, 2016, *In press*). Ces UCE se fondent sur la construction de signes hexadiques et émergent de l'interaction du couplage acteur-environnement de l'acteur.

Le signe hexadique est constitué de six composants qui sont : l'engagement (E), l'actualité potentielle (A), le référentiel (S), le représentamen (R), l'unité du cours d'expérience (U), et l'interprétant (I) (Theureau, 2006).

L'engagement (E) dans la situation renvoie à l'histoire de l'activité issue de la dynamique des interactions passées. L'engagement est constitué par le faisceau des préoccupations qui s'ouvrent pour l'acteur à l'instant t de la situation, compte tenu de son cours d'expérience passé. Ainsi, l'engagement comprend l'ouverture/clôture des possibles en lien avec sa situation à un instant donné. L'engagement correspond à ce que l'acteur cherche à faire, ce par quoi il est orienté à cet instant.

L'actualité potentielle (A) traduit l'hypothèse d'une préparation de son futur par l'acteur à tout instant en s'appuyant sur une multitude d'anticipations de la situation à venir sur la base des interactions passées. Autrement dit, l'actualité potentielle renvoie aux attentes de l'acteur, compte tenu de son engagement, à un instant t. L'actualité potentielle couplée avec l'engagement forme ce que l'on appelle la structure d'anticipation correspondant à l'extension d'un futur immédiat au sein de la conscience pré-réflexive.

Le référentiel (S) renvoie à la co-construction du monde propre dynamique de l'acteur et de l'ensemble de ses expériences passées. Ces éléments de connaissance, et leurs relations, construits au fil de l'activité passée de l'acteur (i.e., sa culture) sont mobilisés par celui-ci compte tenu de son engagement et de ses attentes à l'instant t. Ces connaissances que l'on nomme « types » dans le programme de recherche du cours d'action sont exclusivement en lien avec l'activité humaine : il s'agit de « connaissances pour l'action ».

L'engagement, l'actualité potentielle et le référentiel constituent la structure de préparation de l'acteur. Celle-ci est à la fois le produit du signe précédent et les premières composantes du signe à l'instant t. Elle ouvre sur un champ de possibles pour l'acteur, et traduit l'hypothèse selon laquelle l'acteur est préparé, à chaque instant, par son cours

d'action passé jusqu'à cet instant. Ces possibles ne sont pas des possibles objectifs : ils soulignent la relation active de l'acteur à la situation. Celui-ci construit sa situation, en relation avec ces trois composantes qui ouvrent un champ de possibles.

Les trois composantes E, A et S constituent ce que Theureau (2006) nomme la structure de préparation de l'acteur à chaque instant. Cette structure de préparation s'actualise et se transforme au fil de l'activité. Ensemble ces trois composants du signe hexadique rendent compte du caractère dynamiquement situé de l'activité humaine à chaque instant ou la perception intervient à l'aide d'une structure de préparation déjà présente en toile de fond.

Le representamen (R) traduit l'hypothèse de l'activité comme adaptation à un contexte dont les éléments significatifs constituent des ressources que l'acteur utilise pour agir. Il est ce qui, à l'instant t , fait effectivement signe pour l'acteur du fait de sa structure de préparation. Il consiste en une appropriation subjective d'un événement par un acteur. Il est un jugement perceptif (« Je perçois ceci »), mnémonique (« Je me rappelle ceci ») ou proprioceptif (« Je ressens ceci »). Cette notion prend en considération le rôle crucial de l'activité perceptive dans la cognition humaine (Varela, Thompson & Rosch, 1993), le caractère sélectif de cette activité, et son insertion dans une dynamique de construction de signification pour l'acteur.

L'unité élémentaire du cours d'action (U) est constituée par la conscience préreflexive de l'acteur « réagissant » à la perturbation R. C'est la fraction de son activité qui est montrable, racontable et commentable, qui s'exprime usuellement en termes d'actions pratiques, de communications, de focalisations, d'interprétations et de sentiments.

L'interprétant (I) traduit enfin la transformation de S en S', c'est-à-dire, la constante transformation à divers degrés du savoir de l'acteur, de ses habitudes situées, donc de la transformation constante du couplage structurel entre l'acteur et son environnement. Cela signifie d'une part que l'activité s'accompagne en permanence d'un apprentissage et d'autre

part que cet apprentissage est situé (Theureau, 2006). L'interprétant est la validation (ou l'invalidation) et la construction de types et de relations entre types.

4.3.1.3.2 Validation du traitement des données phénoménologiques

Le cours d'expérience d'un acteur est une construction du chercheur qui identifie et thématise les moments saillants pour l'acteur dans son flux d'activité (i.e., données phénoménologiques), les données ethnographiques et les données vidéo qu'il a en sa possession. L'ensemble de cette construction se fait en relation avec toutes les notions que nous avons développées ci-dessus en lien avec le cadre théorique et méthodologique du cours d'action (Theureau, 2006). Cependant, il ne faut pas associer la construction du cours d'expérience à un simple codage ou thématisation comme c'est le cas dans l'« analyse thématique » usuelle en psychologie qualitative (Braun & Clarke, 2006). L'analyse du cours d'expérience s'appuie sur l'expérience telle qu'elle est vécue par l'acteur mais aussi par des inférences permettant de rendre compte de la dynamique de construction de signification au cours de l'activité. Le contrôle du réseau d'inférences mis en jeu par le chercheur est assuré par différentes procédures (i.e., méthodes analytico-régressive, une méthode synthético-progressive et une analyse collective du cours d'expérience).

Ces procédures visent à garantir la reconstruction du cours d'expérience par le chercheur et évitent toute interprétation abusive par le biais d'une reconstruction pas-à-pas de la dynamique de l'activité. Cette reconstruction de la dynamique de l'activité s'effectue à partir de règles explicites qui permettent *in fine* de discuter, de contester, ou de réfuter les interprétations construites du chercheur. Parmi ces procédures, trois d'entre-elles ont été mises en œuvre lors de l'analyse des cours d'expérience. La première procédure a consisté à découper la dynamique de l'activité en petites unités significatives pour l'acteur en revenant sans cesse sur les unités précédentes pour garder une logique du flux d'activité acceptable (i.e., la méthode analytico-régressive) (Theureau, 2006). La deuxième procédure a consisté à

prendre du recul sur le cours d'expérience déjà analysé en cherchant à chaque instant à comprendre comment se produisait l'unité significative qui suivait (i.e., la méthode synthético-progressive) (Theureau, 2006). La troisième procédure était une analyse collective du cours d'expérience, cette démarche a pris deux principales formes (a) la construction, en parallèle, d'un même cours d'expérience par plusieurs chercheurs, et (b) la mise en débat des unités construites où il n'y a pas eu de consensus entre les chercheurs. Un extrait de chaque corpus a systématiquement été traité par deux chercheurs ayant tous deux une connaissance suffisante du cadre du cours d'action. Chacun des deux chercheurs renseignait les unités significatives (i.e., les signes hexadiques) relatives à l'activité des rameurs sur une courte période. Les chercheurs comparaient ensuite leurs résultats. Quand les différents codeurs codaient identiquement, alors le chercheur principal continuait le travail sur l'ensemble des données, les points qui semblaient problématiques étaient ensuite discutés jusqu'à l'obtention d'un consensus par l'ensemble des chercheurs.

4.3.2 Recueil des données mécaniques

Dans le but de respecter les principes épistémologiques de l'étude de l'activité collective tels que nous les avons définis dans la section 4.1 et 4.2, notre choix s'est porté sur un outil de mesure qui nous permettait de recueillir les données mécaniques sans dénaturer l'activité des rameurs (i.e., en situation de pratique). Les parties suivantes présentent (a) l'outil de mesure utilisé (le système Powerline) et (b) la procédure engagée pour recueillir ces données.

4.3.2.1 Powerline, un système de mesure embarqué

Les données ont été recueillies à l'aide du système Powerline standard qui est un des systèmes d'instrumentation référence en aviron. Ce système est utilisé pour l'entraînement et la passation de tests par de très nombreuses équipes nationales (e.g., Australie, France,

Nouvelle-Zélande) ou encore par les pôles France et Espoirs d'aviron. Le système Powerline est aussi utilisé comme outils de mesure embarqué dans les études biomécaniques en aviron (e.g., Coker, 2010 ; Coker, Hume & Nolte, 2009 ; Millar & Oldham, 2016 ; Seifert, et al., 2016, 2017 ; Sève et al., 2013). Le système que nous avons utilisé était constitué (a) de deux dames de nage instrumentées permettant de mesurer les angles et la force exercés par les rameurs sur la dame de nage, (b) d'un capteur de mouvement mesurant la vitesse du bateau et (c) d'une interface numérique permettant d'enregistrer et d'afficher les données recueillies.

4.3.2.1.1 Dames de nage instrumentées

L'un des composants principaux du système Powerline est une dame de nage instrumentée munie d'un capteur qui mesure la force et l'angle appliqués par la rame sur la dame de nage (Figure 8a). Ces dames de nage instrumentées étaient fixées à la place des dames de nage usuelles. Le corps en métal du capteur était fixé à la broche au moyen de deux vis à tête creuse dans sa base. Un pivot intégral en plastique noir (un pivot Concept II modifié) était retenu par une pince et tournait librement autour du corps du capteur. Un seul câble électrique sortait de la base du capteur pour la connexion à un des boîtiers de jonction du rameur. Les boîtiers de jonction permettaient de recueillir et de synchroniser les capteurs de chaque rameur, un boîtier de jonction était nécessaire pour chacun des rameurs.

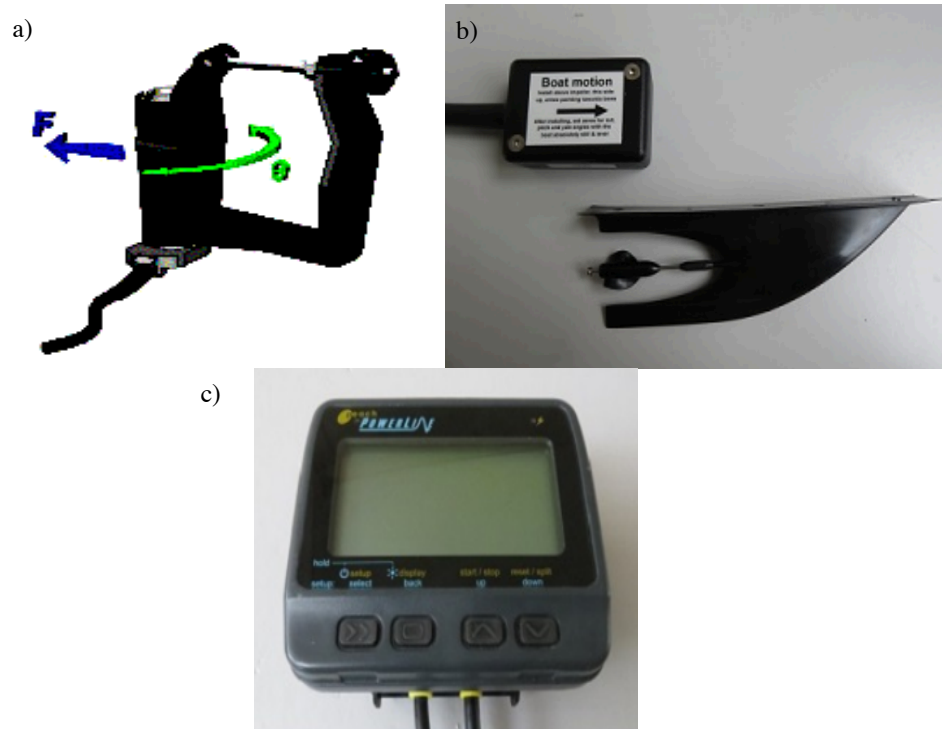


Figure 8. a) Photo d'une dame de nage instrumentée du système Powerline. En bleu, le sens de la force appliqué sur la dame de nage. En vert, l'angle mesuré entre le pivot et le corps du capteur, b) Photo du capteur de mouvement du bateau (en haut à gauche de la photo) et de la turbine qui est fixée sous la coque (en bas à droite de la photo) et c) Photo de l'enregistreur et de l'interface numérique.

Concernant le capteur de force, la mesure de la force s'effectuait sur une direction fixe. Une fois la base du capteur aligné vers la coque, seule la force de propulsion efficace était mesurée (i.e., dans le sens de déplacement du bateau). Le capteur était insensible aux forces latérales et sa précision était évaluée à 2% (Coker, 2010).

Concernant le capteur d'angle, la mesure s'effectuait entre le pivot et le corps du capteur avec une précision à 0,5° près.

4.3.2.1.2 Capteurs de mouvements du bateau

Le capteur de mouvement du bateau captait les données de vitesse à l'aide d'une turbine, indiquant les fluctuations de la vitesse du bateau. Il mesurait également l'accélération des bateaux. Le capteur était fixé sous la coque du bateau à proximité de la turbine (Figure 8b).

Concernant la vitesse du bateau, la mesure de vitesse était récupérée à partir d'une turbine (Nielsen-Kellerman®). Bien que la turbine offrait une excellente répétabilité de la mesure de la vitesse du bateau, son emplacement sur la coque, en particulier sa distance par rapport à l'avant, pouvait affecter son échantillonnage. Afin d'éviter ce problème l'endroit où était fixé la turbine était marqué par un scotch spécifique noir pour replacer la turbine exactement au même endroit lors du temps de mesure suivant.

Concernant l'accélération du bateau, le capteur était aussi équipé d'un accéléromètre. Toutefois, ce capteur requérait d'être fixé très précisément et par conséquent la reproductibilité de la mesure des données d'accélération n'était pas très fiable. C'est pourquoi nous avons fait le choix de dériver les données de vitesse du bateau pour obtenir des données d'accélération plus fiables.

4.3.2.1.3 Interface numérique embarquée

Le système Powerline utilisé contenait aussi une interface numérique (i.e., une centrale d'acquisition de données), cette interface permettait d'afficher instantanément les données recueillies via les capteurs. Ce dispositif imposait un enregistrement des données avec un échantillonnage de 50Hz. Le boîtier était étanche et amovible (Figure 8c), il était fixé à l'arrière du bateau. À l'aide de ce boîtier les données brutes enregistrées durant la course pouvaient être transférées sur un ordinateur en fin de sortie.

Le chef de nage pouvait avoir un retour direct sur la cadence, la vitesse du bateau ou encore sur des données rendant compte de la performance individuelle des rameurs.

Ainsi le système Powerline permettait de mesurer pour chaque rameur la force produite lors de la propulsion sur l'axe longitudinale, les angles de la rame par rapport à la dame de nage sur l'axe longitudinale et la vitesse du bateau (cf. Figure 9). Des variables plus complexes ont ensuite été calculées sur la base de ces paramètres élémentaires qui étaient nécessaires pour évaluer la technique et la performance de l'équipage.

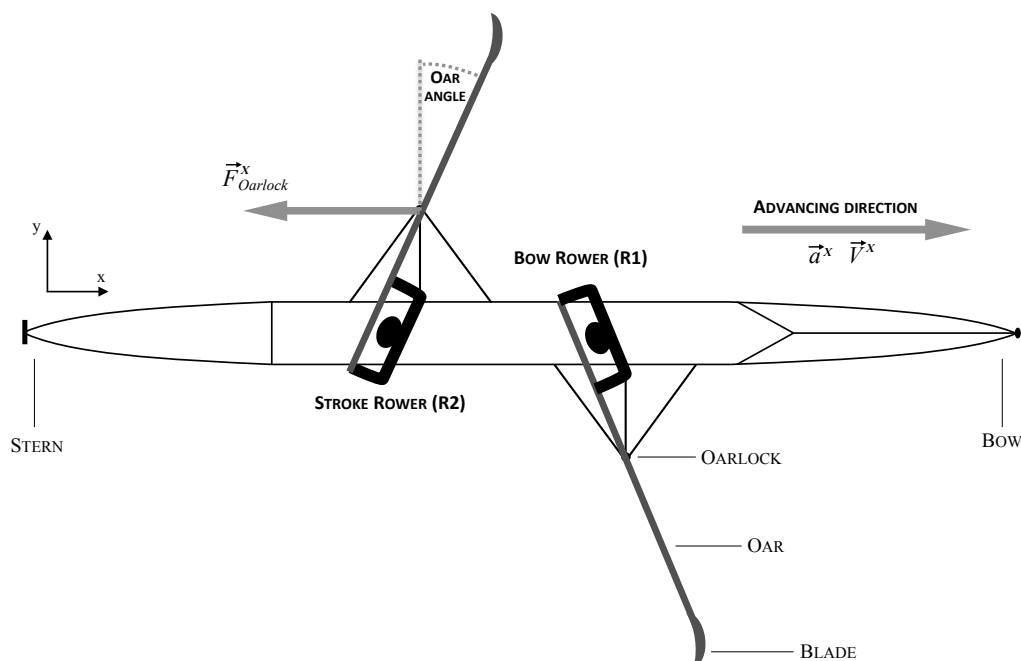


Figure 9. Vue du dessus d'un « deux de pointe sans barreur ». Le système de mesure embarqué utilisé (Powerline, Peach Innovation) a permis, pour chaque rameur, de mesurer les composantes suivant l'axe x (dans la direction d'avancement du bateau) de la force appliquée par le rameur sur la dame de nage, de l'accélération et de la vitesse du bateau, ainsi que l'angle formé par l'aviron par rapport à l'axe y (perpendiculaire à l'avancement du bateau).

4.3.3 Articulation des données phénoménologiques et des données mécaniques

Dans cette partie, nous présentons les principes d'articulation des données qui sont le cœur de la méthodologie de ce travail de thèse. Nous exposons donc les procédures méthodologiques qui nous ont permis de mener des études interdisciplinaires au sens fort (i.e., une approche multidisciplinaire et complémentaire sur un même objet d'étude) et de respecter tous les présupposés épistémologiques et ontologiques évoqués précédemment.

4.3.3.1 Primat de l'intrinsèque

Dans un premier temps, nous rappelons que l'approche éactive, ainsi que le programme de recherche du cours d'action, accorde un primat à la description du cours d'expérience concernant l'analyse des données. L'activité de l'acteur, ou des acteurs, est ainsi reconstruite depuis son propre point de vue et de celui de l'observateur. Ce primat au cours d'expérience permet d'éviter une description en troisième personne qui ne décrirait pas réellement l'activité de l'acteur mais plutôt l'activité telle qu'elle est perçue par l'observateur incluant les expériences passées, préjugés et interprétations de l'observateur. Aussi, en accord avec l'approche éactive et les hypothèses du programme de recherche du cours d'action (e.g., l'autonomie de l'activité), la reconstruction du cours d'expérience constitue un passage obligé pour une description acceptable de l'activité humaine (Theureau, 2006, Varela, Thompson et Rosch, 1993).

Le primat du cours d'expérience ne consiste ni à donner une exclusivité aux données phénoménologiques (i.e., description en première personne) ni à analyser séparément les données de description en première personne et en troisième personne (i.e., données extrinsèques au point de vue de l'acteur). Toutefois, ce primat au cours d'expérience est nécessaire dans le but d'articuler une description en première personne (i.e., ce qui est significatif pour l'acteur lors de son activité) et une description en troisième personne (i.e., une description extrinsèque de l'activité telle qu'elle est mesurable et observable). Autrement dit, l'analyse des données consiste à articuler ce qui est significatif du point de vue de l'acteur avec les autres éléments qui sont pertinents pour l'organisation interne de l'acteur comme système autonome.

4.3.3.2 Une sélection des modalités d'articulation de descriptions en 1^{ère} et 3^{ème} personne

Plusieurs manières d'articuler des descriptions en première personne (i.e., phénoménologiques) avec des descriptions en troisième personne (i.e., comportementales) ont été identifiées dans la littérature. Ces articulations de descriptions en première personne et troisième personne sont pleinement en phase avec l'approche éactive, et contribuent au développement des études interdisciplinaires ayant pour objectif d'analyser les phénomènes sous-jacents à la coordination interpersonnelle. Les différentes modalités d'articulation présentées ci-après ne sont pas exhaustives et s'attachent toutes à conserver ce primat du cours d'expérience. Cette option méthodologique est préférée dans le but de préserver l'asymétrie du couplage des acteurs avec leur environnement.

En s'appuyant sur le travail de Bourbousson (2015), nous avons privilégié deux manières d'articuler les descriptions en première et troisième personnes dans le cadre de nos travaux de recherche en aviron ancré dans une approche éactive de la coordination interpersonnelle : (a) une analyse croisée des données comportementales et des données expérientielles et (b) un échantillonnage des données comportementales par l'expérience vécue.

4.3.3.2.1 Une analyse croisée des données comportementales et expérientielles d'une même activité

Cette modalité d'articulation s'appuie sur différents types de données qui ont été recueillies lors d'une même situation, d'une part des données qui renvoient à l'expérience vécue des individus engagés dans cette situation (e.g., le cours d'expérience des acteurs) et d'autre part à leurs comportements dans cette même activité (e.g., la phase relative continue entre les comportements des acteurs). Dans cette modalité, les deux types d'analyses vont être menées de manières distinctes et diachroniques. Les résultats de chaque analyse sont ensuite

confrontés. Cette articulation permet ainsi d'amorcer une discussion entre les données phénoménologiques et comportementales permettant ainsi une meilleure compréhension de la situation (Seifert et al., 2016, 2017). Dans certains cas, le résultat de l'un de ces deux registres de descriptions (i.e., description en 1^{ère} ou en 3^{ème} personne) peut conduire à une investigation plus précise de l'autre registre de description (Saury et al., 2010 ; Sève et al., 2013).

Par exemple, dans l'étude de Seifert et collaborateurs (2017) en aviron, les résultats de l'analyse en troisième personne ont servi à générer des hypothèses qui n'étaient pas tranchées d'emblée par l'analyse comportementale. Ainsi, les données phénoménologiques (i.e., les préoccupations) portant sur la même séquence d'activité ont été traitées dans le but d'apporter une piste explicative sur les périodes identifiées comme très variables sur le plan de la coordination interpersonnelle (e.g., la phase relative continue, index de Cauchy). Plus précisément, les auteurs ont recueilli des données mécaniques permettant de retracer la dynamique de l'activité de deux équipages (i.e., un équipage de niveau international et un équipage de niveau national) en situation naturelle d'aviron, complétées par des données phénoménologiques permettant de reconstruire les cours d'expérience des rameurs. L'analyse des données mécaniques a montré qu'une plus grande variabilité comportementale pouvait être associée à des phénomènes « perturbateurs » ou « fonctionnels » au regard de son impact sur la performance collective (i.e., la vitesse du bateau). Seules, les données comportementales ne permettaient pas une compréhension de ces moments particuliers de coordination interpersonnelle. L'analyse des cours d'expérience a pointé que parfois ces moments faisaient l'objet d'une expérience significative pour les rameurs et parfois non ; et que ces expériences pouvaient être par moment similaires ou divergentes. En s'appuyant sur ces différentes unités, les auteurs sont retournés dans les données quantitatives pour voir si les unités expérientielles partagées par les rameurs permettaient de témoigner du caractère fonctionnel ou perturbateur de la variabilité produite. En combinant les données

phénoménologiques et comportementales, les auteurs ont pointé la complexité à interpréter le caractère fonctionnel ou perturbateur de la variabilité produite dans la coordination interpersonnelle des rameurs. L'articulation de la description en première et troisième personne permet ici d'aller plus loin dans la compréhension de ce phénomène complexe qu'une analyse uniquement comportementale.

Pour résumer, dans cette forme d'articulation des descriptions en première et troisième personne, les traitements de ces deux formes de description sont menés séparément, tout en préservant un primat donné à la dynamique expérientielle de chaque acteur. Dans cette modalité d'articulation des données, les analyses comportementales viennent préciser les phénomènes expérientiels qui ne sont pas entièrement expliqués par la seule description phénoménologique et vice-versa. Dans cette optique, une synchronisation à chaque instant de l'activité des deux registres de données n'est pas nécessaire, à condition de s'assurer qu'ils décrivent bien la même activité. Notre choix s'est en partie porté sur cette forme d'articulation de données (e.g., Étude 3) pour essayer de comprendre comment les rameurs co-régulaient activement leur activité de rameur lors d'une course. Pour ce faire la volonté était (a) de pointer la manière dont les rameurs compensaient réciproquement leur comportement (i.e., description en troisième personne), (b) de pointer la manière dont les rameurs vivaient sur le plan expérientiel leur activité d'ajustements mutuels (i.e., description en première personne), et (c) de croiser les deux analyses, en posant le primat aux données expérientielles, pour rendre compte de la manière dont les rameurs régulaient activement leur coordination interpersonnelle.

4.3.3.2.2 Un échantillonnage des données comportementales par l'expérience vécue

Dans cette forme d'articulation (i.e., la méthodologie employée dans les Études 1 et 2 en sont inspirées), les données phénoménologiques sont traitées en premier lieu de sorte que

plusieurs régimes expérientiels d'activité collective soient identifiés. Une fois ces régimes basés sur les données en première personne identifiés, une délimitation temporelle des dynamiques d'activité de chacun des régimes expérientiels est opérée pour recueillir chaque instant d'activité correspondant. Ces instants d'activité, pour lesquels une description en troisième personne est disponible (i.e., grâce à la capture du système Powerline), vont servir à constituer des échantillons de données en troisième personne (i.e., échantillonnées par l'expérience vécue). Ainsi, les échantillons contiennent exclusivement des données comportementales quantitatives reflétant chaque catégorie expérientielle. Ces échantillons de données quantitatives peuvent ensuite être traités statistiquement permettant de dégager des pistes explicatives de la divergence de nature des expériences vécues des acteurs.

Pour illustrer cette modalité d'échantillonnage à partir de la littérature Varélienne, une étude a confronté des sujets à des perceptions d'images ambiguës (i.e., visages peints avec un haut-contraste) tout en mesurant leur activité neuronale (i.e., mesures en troisième personne) (Rodriguez, George, Lachaux, Martinerie, Renault, & Varela, 1999 ; Thompson & Varela, 2001). Lorsque les sujets identifiaient un visage ils signalaient qu'ils avaient fait l'expérience d'une reconnaissance de figure. Ensuite, deux échantillons ont été constitués qui séparaient les essais correspondant à la reconnaissance de la non-reconnaissance de visages. Les résultats ont montré que les signatures neuronales étaient distinctes entre les deux échantillons, illustrant ainsi une manière d'intégrer des données expérientielles dans la procédure d'échantillonnage pour conduire ensuite une analyse centrée sur des données de neuro-imagerie.

Cette forme d'articulation permet ainsi d'identifier au niveau comportemental ce qui discrimine les différentes catégories expérientielles (i.e, ensemble d'expériences vécues similaires), et ainsi proposer des pistes explicatives de la manière dont les acteurs vivent et produisent leur activité collective. Notre choix s'est porté sur cette forme d'articulation de

données (e.g., Études 1 et 2) dans le but de renseigner les paramètres mécaniques et d'identifier le niveau d'organisation dont relevait les paramètres mécaniques semblant supporter l'activité de régulation des rameurs lors d'une activité collective en aviron. Pour ce faire l'ambition était (a) de pointer les différentes parties de la course qui étaient vécu comme efficace ou non par les rameurs (i.e., description en troisième personne) et (b) de regarder statistiquement quels étaient les paramètres mécaniques qui permettaient au mieux de discriminer les catégories d'expériences (i.e., description en première personne).

Ce montage méthodologique a été retenu car nous n'avions pas dans les cours d'expérience la réponse aux ancrages informationnels cherchés. L'expérience vécue des rameurs était syncrétique. Par conséquent, à partir de cette distinction claire dans leur activité (i.e., coups de rame vécus comme efficace ou non), nous avons cherché les corrélats mécaniques expliquant le mieux la différence entre ces deux échantillons spécifiques. Cette méthodologie permettant *in fine* de suggérer les ancrages mécaniques support de leur régulation active, et donnant lieu à ce sentiment d'efficacité variable.

TROISIÈME PARTIE :
ÉTUDES DE THÈSE

Les études empiriques sont présentées dans un Tome 2, appelé « Travaux empiriques ». Ces études relèvent de deux préoccupations majeures : (a) caractériser la nature des ancrages informationnels permettant à des rameurs de co-réguler leurs activités, et (b) caractériser la manière dont les rameurs transformaient leur coordination interpersonnelle et la (co-)régulation active de leurs activités suite à un entraînement et au gré de différentes cadences de rame imposées. La présentation synthétique des études ci-après vise à préciser les enjeux de ces différentes études, et leur articulation et cohérence au sein de notre projet plus global de recherche. Dans ce sens, le phénomène de co-régulation comme facteur clé de la coordination interpersonnelle a été appréhendé par le biais de trois études distinctes.

Premièrement, une description des modes de co-régulation de l'activité conjointe a été réalisée sur un équipage masculin de deux de pointe sans barreur nouvellement formé à l'aide d'une méthodologie interdisciplinaire, ancrée dans une approche éactive des couplages sociaux, nommée « échantillonnage des données comportementales par l'expérience ».

Deuxièmement, une description de la transformation de ces modes de co-régulation de l'activité conjointe a été réalisée sur le même équipage de deux de pointe sans barreur que l'Étude 1, après un mois et une semaine d'entraînement, à l'aide de la même méthodologie interdisciplinaire, ancrée dans une approche éactive des couplages sociaux, nommée « échantillonnage des données comportementales par l'expérience ».

Troisièmement, une description de la co-régulation de l'activité conjointe a été réalisée sur un équipage féminin de deux de pointe sans barreur expert face à différentes cadences imposées. Une méthodologie interdisciplinaire, ancrée dans une approche éactive des couplages sociaux, consistant à une analyse croisée de descriptions en première et troisième personne a été mobilisée.

Pour plus de détails il est possible de se rapporter aux articles dans le Tome 2, ou au Tome 3 « Annexes » qui reprend et précise des points méthodologiques particuliers.

ÉTUDE 1

JOINT ACTION OF A PAIR OF ROWERS IN A RACE: SHARED EXPERIENCES OF EFFECTIVENESS ARE SHAPED BY INTERPERSONAL MECHANICAL STATES

R'Kiouak, M., Saury, J., Durand, M. & Bourbousson, J.
Publié le 18 mai 2016, dans Frontiers in Psychology 7(720), 1-17.
(Tome 2 « Travaux empiriques » ; Page 6)

But de l'étude

L'étude avait pour but de comprendre comment un équipage nouvellement constitué de rameurs de deux de pointe sans barreur se coordonnait dans des conditions naturelles de pratique. Les participants de l'étude étaient experts individuellement, mais n'avaient jamais ramé ensemble au moment de l'étude. Plus spécifiquement, nous avons pris comme focale les moments de fonctionnement collectif dans lesquels ils faisaient l'expérience de leur activité conjointe, et avons ensuite chercher les corrélats comportementaux expliquant le mieux ces phases de course. Les descriptions en première et troisième personnes ont été combinées pour explorer la pertinence (et la précision) de leurs expériences partagées, ainsi que pour identifier les paramètres mécaniques susceptibles de servir d'ancrage à de telles expériences.

Méthode

Un équipage junior masculin de deux de pointe sans barreur âgé de 17 ans, ayant 10 ans d'expérience en aviron en embarcation seul, a participé à cette étude. L'équipage a mené une course sur l'eau de 12 minutes à 18-19 coups par minute (i.e., 204 coups de rame). Dans le cadre d'une approche énative des couplages sociaux, des données relatives à l'expérience des rameurs et des données issues de mesures mécaniques ont été conjointement analysées pour explorer la pertinence (et la précision) des expériences vécues partagées par les rameurs au cours de leur activité conjointe. Tout d'abord, nous avons décrit qualitativement la façon dont chaque rameur a ressenti les états de fonctionnement du bateau (e.g., les sensations de

glisse du bateau) et de la coordination de l'équipage (e.g., les sensations de ramer de façon synchrone). Deuxièmement, à l'aide d'une analyse thématique, les données phénoménologiques nous ont permis de construire plusieurs catégories de coups de rame (i.e., cycles), perçus simultanément par les rameurs comme efficaces ou non-efficaces. Cette procédure a donné lieu à 4 catégories expérientielles de coups de rame vécus comme: (a) simultanément non significatifs (SSE-M), (b) simultanément efficaces (SSE-E), (c) non-efficaces (SSE-D), et (d) divergeant entre les rameurs (SDE). Troisièmement, les signatures mécaniques associées à chaque catégorie de coups de rame ont été analysées à différents niveaux d'organisation (i.e., niveau individuel, interpersonnel et du bateau). Des traitements statistiques (i.e., ANOVA) ont été appliqués dans le but d'observer sur quel niveau d'organisation les rameurs ancreraient leur perception afin de différencier leurs expériences significatives vécues de leur activité conjointe comme efficaces et non-efficaces.

Résultats

Les résultats indiquent que (a) les deux rameurs ne faisaient pas l'expérience de leur activité conjointe pendant la plupart des cycles, (b) certains cycles étaient simultanément vécus par les rameurs de façon saillante comme une activité conjointe non-efficace (n = 15 cycles) ou efficace (n = 18 cycles) et (c) les signatures mécaniques divergeaient entre les deux catégories de coups de rame différenciés dans l'expérience des rameurs (i.e., coups de rame vécus comme efficaces *versus* vécus comme non efficaces), suggérant que la manière dont les cycles sont vécus par les rameurs était liée à la variance de certains paramètres mécaniques. L'expérience de l'activité conjointe était ici corrélée aux variations de la différence entre les niveaux de pic de force des rameurs, pointant que les mesures mécaniques expliquant les différences entre les catégories expérientielles concernaient le niveau interpersonnel d'analyse.

Conclusions

Ensemble, ces résultats suggèrent que les rameurs se coordonnaient, au niveau de l'activité qui est significatif pour eux, selon des processus dits de régulation « interpersonnelle », le tout sur un fond (non-significatif) de processus extra-personnels. Nous concluons en discutant de l'heuristique de notre méthodologie d'« échantillonnage par l'expérience ».

ÉTUDE 2

JOINT ACTION IN AN ELITE ROWING PAIR CREW AFTER INTENSIVE TEAM TRAINING: THE REINFORCEMENT OF EXTRA-PERSONAL PROCESSES

R'Kiouak, M., Saury, J., Durand, M. & Bourbousson, J.
Accepté le 10 septembre 2017, dans Human Movement Science.
(Tome 2 « Travaux empiriques » ; Page 26)

But de l'étude

La présente étude est une étude complémentaire (*follow-up case study*) à celle de R'Kiouak et collaborateurs (2016). À partir de l'Étude 1 qui a analysé la manière dont des rameurs (experts individuellement) se coordonnaient pour ramer ensemble lors de leur première association en équipage de deux de pointe sans barreur, nous avons saisi ici l'occasion d'étudier comment ces mêmes rameurs se synchronisaient après s'être intensément entraînés dans le cadre du programme national d'entraînement auquel ils ont participé. L'objectif de la présente étude était de pister les transformations de leur activité, aux niveaux phénoménologique et/ou comportemental.

Méthode

Le même équipage junior masculin de deux de pointe sans barreur, ayant participé à l'Étude 1, a participé à cette étude. L'équipage a mené une course sur l'eau de 12 minutes à 18-19 coups par minute (i.e., 209 coups de rame), en tout point identique à la course menée lors de l'Étude 1. Dans le cadre d'une approche énaactive des couplages sociaux, des données relatives à l'expérience des rameurs et des données issues de mesures mécaniques ont été conjointement analysées pour explorer la pertinence (et la précision) des expériences vécues partagées par les rameurs au cours de leur activité conjointe. La même méthodologie d'échantillonnage des données mécaniques par l'expérience que lors de l'Étude 1, a été mobilisée dans cette présente étude.

Résultats

En comparant l'étude de cas actuelle à l'étude initiale, les résultats suggèrent qu'à l'issue du programme d'entraînement (a) les rameurs ont plus partagé d'expériences saillantes de leur activité conjointe, et (b) seul l'indice de vitesse du bateau a permis d'expliquer la différence entre les coups de rame qui étaient vécus alternativement comme efficaces ou non efficaces.

Conclusions

La présente étude suggère qu'un entraînement à la coordination interpersonnelle en aviron pourrait impliquer une augmentation de la sensibilité des rameurs à leur activité conjointe, associée à un changement des modes de co-régulation : les rameurs donnaient tous les signes d'une activité co-régulée sur le mode « extra-personnel », au niveau implicite, comme au niveau de l'activité qui était significatif pour eux.

ÉTUDE 3

TEAM SYNERGIES IN ROWING: HOW ACTIVE CO-REGULATION OF A COXLESS PAIR CREW CHANGED UNDER THE EFFECT OF DIFFERENT CADENCES

R'Kiouak, M., Gorman, J. C., Feigean, M., Saury, J., & Bourbousson, J.
Soumis, dans Psychology of Sport and Exercise.
(Tome 2 « Travaux empiriques » ; Page 38)

But de l'étude

Le but de la présente étude de cas était de caractériser les processus de co-régulation active en contexte naturel d'aviron et d'examiner l'effet de la cadence de rame sur les modifications de tels processus.

Méthode

Les comportements d'un équipage de deux de pointe sans barreur expert ont été étudiés au cours de quatre courses contre la montre avec des cadences de rame imposées différentes : 18 coups par minute (C1), 24 coups par minute (C2), 28 coups par minute (C3) et 36,5 coups par minute (C4). Les mesures comportementales ont été collectées avec le système Powerline. Une version adaptée de l'Uncontrolled Manifold (UCM) a été appliquée sur la phase angulaire des deux rameurs pendant la partie propulsive des coups de rame, dans le but d'avoir un indicateur de compensation réciproque pour chaque condition de l'étude (Latash, et al., 2002). Trois portions différentes ont été délimitées au sein de chaque cycle de rame : entrée, propulsion et sortie. Une analyse de cluster hiérarchique a été utilisée pour repérer les similitudes entre les portions de chaque coup de rame dans chacune des courses. Les données comportementales ont été croisées avec une analyse phénoménologique afin de décrire ce que les participants percevaient et comment ils régulaient activement leur activité collective lors de chaque course. Ces données phénoménologiques ont été traitées à l'aide d'une analyse thématique (Braun & Clarke, 2006).

Résultats

Les résultats des analyses des données mécaniques ont souligné que (a) lors de l'entrée l'indicateur d'ajustement mutuel était similaire pour les cadences élevées (cluster 1 = C1; cluster 2 = C2, C3 et C4), (b) la partie propulsive était différente entre les cadences faibles et hautes (cluster 1 = C1 et C2; cluster 2 = C3 et C4), et (c) la sortie était similaire pour les faibles cadences (cluster 1 = C1, C2 et C3, cluster 2 = C4). Les données phénoménologiques ont souligné que les expériences des rameurs étaient très détaillées sur les périodes d'entrée et de sortie, ce qui n'était pas le cas de la partie propulsive.

Conclusions

Les ajustements mutuels comportementaux des individus ont permis aux rameurs de maintenir la stabilité de la phase relative continue entre leurs coups de rame respectifs sous l'effet de différentes cadences. Autrement dit, la cadence produit des changements de co-régulation, mais pas de perturbation de la synchronie signant ainsi un phénomène de dégénérescence au sein du système social des rameurs. Enfin, les expériences vécues rapportées par les rameurs étaient concomitantes des moments saillants d'ajustements mutuels, tels qu'observés dans les données comportementales, suggérant des formes de « *participatory sense-making* » dans les instants de co-régulation (Di Paolo, Rohde & De Jaegher, 2010).

QUATRIÈME PARTIE :
DISCUSSION GÉNÉRALE

Dans cette partie, après un rapide rappel des objectifs et résultats de nos Études, nous synthétisons les apports de nos travaux à (a) la connaissance scientifique en distinguant les apports à la connaissance du fonctionnement des équipes et des apports relatifs à l'approche énaactive, et (b) la conception d'aides en distinguant les apports à l'aviron et les apports relatifs à la coordination interpersonnelle en aviron.

L'**Étude 1** était une étude de cas. Elle avait pour objectif de comprendre comment un équipage de « Deux de pointe sans-barreur » nouvellement constitué, composé de deux rameurs expérimentés en bateau individuel, se coordonnait en condition réelle de pratique. Une méthode d'échantillonnage des données comportementales par les données phénoménologiques a été exploitée pour répondre à nos hypothèses. Les résultats indiquent que (a) les deux rameurs faisaient rarement simultanément l'expérience de leur activité conjointe, (b) certains coups de rame étaient cependant simultanément vécus comme efficaces ou non-efficaces, et (c) les corrélats mécaniques différenciant les coups de rame vécus comme efficaces et non-efficaces concernaient la différence entre leurs niveaux de pic de force respectifs, suggérant que les rameurs régulaient activement leur activité collective en s'ajustant mutuellement aux comportements de leur partenaire.

Dans l'**Étude 2**, nous avons conduit une nouvelle expérimentation avec le même équipage, un mois et une semaine après l'Étude 1. Dans ce laps de temps, les deux rameurs avaient suivi un entraînement intensif visant l'amélioration de leur performance collective, dans le cadre d'un programme national d'entraînement. Nous avons répliqué la méthodologie construite pour l'Étude 1 pour favoriser la comparaison. Les résultats ont montré qu'à l'issue du programme d'entraînement (a) la proportion du nombre d'expériences simultanément vécues par les rameurs relatives à leur activité conjointe avait significativement augmenté, et (b) les signatures mécaniques différenciant les coups respectivement vécus comme efficaces et non-efficaces ont été identifiées au niveau de la vitesse du bateau, suggérant que les

rameurs régulaient activement leur activité collective en s'ajustant aux variations dynamiques de leur environnement matériel commun.

L'**Étude 3** avait pour objectif de décrire la manière dont les rameurs se coordonnaient et régulaient activement la dynamique de leur coordination interpersonnelle en fonction de différentes cadences de rame imposées. Une analyse croisée des données comportementales (notamment la phase relative continue entre les deux mouvements de rame) et phénoménologiques (les expériences vécues par les rameurs) associées à l'activité de co-régulation active des rameurs a été conduite. Les résultats ont montré que les rameurs modifiaient la nature de leurs ajustements mutuels en relation avec les différentes contraintes de cadence imposées, tout en préservant l'efficacité du fonctionnement du bateau. En outre, les adaptations comportementales des rameurs étaient associées à un maintien de la stabilité de la phase relative continue entre les mouvements de rame, suggérant l'existence d'une propriété de « dégénérescence » (Araujo & Davids, 2016) dans le système social que constituent les rameurs. Enfin, les expériences vécues rapportées par les rameurs étaient concomitantes des moments saillants d'ajustements mutuels, tels qu'observés dans les données comportementales, suggérant des formes de « *participatory sense-making* » dans les instants de co-régulation (Di Paolo, Rohde & De Jaegher, 2010).

5 APPORTS À LA CONNAISSANCE SCIENTIFIQUE

Malgré le nombre croissant d'études en sciences du sport sur les coordinations interpersonnelles menées dans des situations sportives compétitives réelles (e.g.; Davids, Araujo & Shuttleworth, 2005 ; Duarte, Araujo, Correia, Davids, Marques & Richardson, 2013 ; Feigean et al., 2017 ; Poizat et al., 2008, 2009 ; Saury et al., 2010 ; Seifert et al., 2016, 2017 ; Sève et al., 2013 ; Travassos, Araujo, Vilar & McGarry, 2011 ; Vilar, Araujo, Davids, Travassos, Duarte & Parreira, 2014), peu de travaux ont pris pour objet d'étude la (co-

)régulation active de la coordination interpersonnelle des acteurs (De Jaegher & Di Paolo, 2007). Ce très faible intérêt dans les sciences du sport pour cet objet d'étude explique le caractère essentiellement exploratoire de nos études : elles visaient d'une part à proposer des hypothèses relatives à la nature et l'agencement des ancrages informationnels de l'activité des rameurs, en situation écologique, qui accompagnent la régulation active leur permettant de se coordonner à autrui, et d'autre part à développer des méthodes interdisciplinaires susceptibles d'ouvrir de nouvelles pistes d'étude.

Nous synthétisons les apports de nos travaux à la connaissance scientifique en distinguant les apports à la connaissance du fonctionnement collectif, des apports conceptuels et méthodologiques relatifs à l'approche éactive.

5.1 Apports à la connaissance du fonctionnement collectif

Dans cette partie, nous discutons les résultats de nos études au regard de la littérature existante sur la coordination interpersonnelle en sport.

5.1.1 Quid des ancrages informationnels environnementaux en sport?

Les rares études qui se sont intéressées à la manière dont les individus régulent activement leur activité au sein de collectifs ont suggéré que ceux-ci se focalisaient principalement sur des ancrages informationnels locaux, globaux (Bourbousson & Fortes-Bourbousson, 2016) et/ou des ancrages informationnels plus complexes (Feigan, Bourbousson & Seiler, 2017 ; Gesbert, Durny & Hauw, 2017 ; Susi, 2016). Par exemple, le travail de Bourbousson et collaborateurs (2010a, 2015) a montré que l'activité collective d'une équipe de basketball s'accompagnait de la prise en compte d'ancrages informationnels dits locaux dans le but de prendre l'avantage sur leurs adversaires, dans ce cas précis les joueurs se coordonnaient en prenant en compte seulement un ou deux partenaires. Ces agencements locaux d'activités signent un mode de régulation du comportement individuel

ancré principalement dans l'espace proche du joueur et/ou focalisant sur un nombre très restreint de partenaires. Pour autant, d'autres études ont pointé que certaines activités sportives pouvaient conduire les sportifs à s'appuyer sur des informations plus globales pour se coordonner efficacement. Par exemple, en football, les joueurs semblent avoir besoin de se construire une vision globale de l'équipe ou du terrain pour adapter leur comportement individuel au service de l'équipe. Cet ancrage informationnel, dit global, traduit la nécessité pour chaque joueur de percevoir par exemple les espaces libres ou encore l'étalement de l'équipe sur le terrain (Feigean, Bourbousson & Seiler, 2017). Cette notion d'ancrage informationnel global a aussi été mise au jour dans un travail récent en basketball (Bourbousson, Deschamps & Travassos, 2014). Cette étude a suggéré que des basketteurs experts étaient capables de réguler globalement leurs prises de décision : la décision de dribbler vers le panier était en prise avec un indicateur rendant compte du niveau macroscopique d'observation, ici, les variations de la coordination entre les deux centres de gravité des équipes. Ces exemples pointent les deux niveaux essentiels où les acteurs ancrent leur perception, et donc *in fine* la nature de la régulation active de leur activité individuelle en train de se faire. Dans le même temps, ces exemples alimentent les débats sur la nature de ces ancrages informationnels, les possibilités de leur coexistence, et les conditions/effets de leur apparition dans la dynamique du comportement collectif (pour plus de détails ; cf. Bourbousson & Fortes-Bourbousson, 2016).

5.1.1.1 La (co-)régulation extra-personnelle : Grande oubliée des études en sport

Cependant, dans ce débat sur la manière dont les individus régulent activement leur contribution à la production d'un comportement collectif efficace, les chercheurs en sciences du sport se sont centrés principalement sur des ancrages informationnels sur les « partenaires » au sein d'un système social (i.e., ancrages informationnels locaux/globaux). Or, les Études 1

et 2 de notre thèse suggèrent la possibilité de s'appuyer sur des ancrages informationnels environnementaux/matériels pour se coordonner à autrui. Autrement dit, nous avons montré que l'environnement matériel, le bateau, se constituait progressivement comme un troisième partenaire, venant médier la relation de coordination entre les deux rameurs. Ainsi, nos résultats appellent une discussion relative aux modes de régulation dits « stigmergiques ». La littérature relative à ces modes de régulation est beaucoup plus développée en ergonomie cognitive qu'en sciences du sport (Parunak, 2006 ; Susi, 2005, 2006).

Dans les situations de travail, la stigmergie étend finalement le spectre des phénomènes habituellement décrits dans les travaux de cognition socialement distribuée comme dans le courant des sciences cognitives. Hutchins (1995b) montre la manière dont des pilotes d'avion s'y prennent pour ajuster la vitesse de l'avion avant l'atterrissage. Dans ce cas, l'auteur pointe l'importance de l'environnement matériel pour que les pilotes puissent avoir accès à un maximum d'informations sans avoir besoin de les mémoriser. Ainsi, les outils technologiques qui composent le cockpit deviennent des artefacts/nœuds contenant de l'information et permettant aux pilotes d'ajuster leur comportement en fonction du type d'indication renvoyé par les voyants. Dans cette forme de coordination, les agents, engagés dans une situation collective, s'appuient donc sur des traces de leur activité passée, ou de celle de leurs collègues, dans un environnement matériel commun pour se coordonner (Christensen, 2008, 2013 ; Susi, 2016).

Malgré le recours à cet ancrage informationnel « environnemental » dans plusieurs situations collectives humaines de travail (Christensen, 2008, 2013 ; Susi, 2016), il n'a été que peu considéré en sciences du sport. Trois raisons peuvent être évoquées : (a) la « distribution temporelle » des activités des agents qui est inscrite dans l'acception originelle de la stigmergie et qui diffère des caractéristiques de notre situation d'étude, (b) la conception de la coordination interpersonnelle principalement conçue comme un couplage acteur/acteur

dans la littérature relevant des sciences du sport alors que notre situation d'étude rend particulièrement « saillant » le poids de l'environnement matériel dès lors que celui-ci est « sensible » et dynamique, et (c) l'essor des études de la coordination interpersonnelle en sciences du mouvement qui mettent en avant l'importance des ressources visuelles pour se coupler avec autrui. Or, premièrement la coordination interpersonnelle semble pouvoir se faire sans couplage visuel direct (i.e., sans voir directement la personne avec qui on se coordonne) et deuxièmement que dans certaines situations, où il y a un environnement matériel « sensible » et commun aux individus, la régulation de la coordination interpersonnelle pourrait se faire autant par un ancrage kinesthésique que visuel.

Premièrement, il faut revenir aux origines de la définition de stigmergie. C'est en entomologie que Grassé (1959) a découvert que les termites ne contrôlaient pas directement leurs activités de bâtisseuses mais que leur travail semblait être déclenché et orienté par les structures résultantes de leurs activités antérieures ou de celles de leurs congénères. Par exemple, lors de la construction de nid de termites, ceux-ci déposent aléatoirement dans un espace donné des petites boulettes de terre. Ces boulettes de terre sont imprégnées de phéromones, en grandes quantités, elles produisent un effet d'attraction innée pour les autres termites. Tout change à partir du moment où un seuil critique de boulettes est atteint en un point donné. Cet amas de boulettes devient un stimulus social significatif où tous les termites vont par la suite venir déposer leurs boulettes conduisant *in fine* à l'apparition de piliers. C'est à cette stimulation qu'il donna le nom de stigmergie (construit à partir des mots grec *stigma* : piqûre et *ergon* : travail). En d'autres termes, la coordination stigmergique se produit sur la base de traces environnementales « persistantes » de l'activité d'autrui (Grassé, 1967 ; Theraulaz & Bonabeau, 1999), qui sont ensuite saisies librement et de manière décalée dans le temps par d'autres agents (Susi & Ziemke, 2001). Nous retrouvons, par exemple, cette idée dans les études qui s'intéressent à la coordination stigmergique dans les situations de travail

lors de la construction d'une cloison (Christensen, 2013), ou encore lors de l'admission de jeunes enfants à l'hôpital par une équipe médicale (Rambusch, Susi & Ziemke, 2004).

En sport, ce genre de délai temporel et de traces persistantes dans l'environnement au fil du temps sont moins prégnantes que dans diverses situations de travail. En effet, très peu de sports collectifs requièrent une coordination indirecte, où l'environnement serait le support de la transmission d'informations nécessaires pour produire une activité collective efficace, c'est-à-dire une coordination séquentielle à partir de traces de l'histoire de l'activité passée des acteurs. Dans cette perspective, le ski de fond où des coureurs peuvent être amenés à suivre les traces laissées dans la neige par d'autres coureurs est un exemple de coordination indirecte ou stigmergique en sport car les traces de l'activité passée sont transmises à l'aide de la profondeur du marquage au sol (i.e., plus le marquage est profond et plus il y a eu de passage). Toutefois, dans le sport la plupart des activités sont synchrones comme en aviron où l'activité des rameurs est simultanée. Dans ce type de sport si des traces de l'activité d'un sujet sont médiées par un environnement matériel commun, alors ces traces sont perçues simultanément par le partenaire via le bateau mais aussi par ledit sujet qui perçoit aussi son activité au sein du bateau. Sur la base de nos travaux et ceux de Millar et collaborateurs (2013), la définition de coordination stigmergique en sport nécessite donc de prendre en compte la dynamique de l'activité, la simultanéité de l'activité et un environnement matériel sensible et commun aux différents acteurs. Ainsi, une définition possible de la coordination stigmergique en sport serait : une coordination s'appuyant sur des traces de l'activité d'autrui disponibles dans l'environnement, soit persistantes (cas rare), soit labiles dans le cas d'un environnement matériel partagé suffisamment dynamique pour les restituer à autrui sans que ce dernier n'ait besoin de percevoir directement son partenaire.

Dans le second cas, et ce malgré une conception éactive de la coordination interpersonnelle intégrant l'environnement dans le processus d'interaction (Froese & Di

Paolo, 2011), la conception de la coordination interpersonnelle est conçue comme un couplage acteur/acteur, où l'environnement commun est un prérequis pour l'apparition de ce couplage (Figure 10) (De Jaegher, 2009 ; De Jaegher & Di Paolo, 2007).

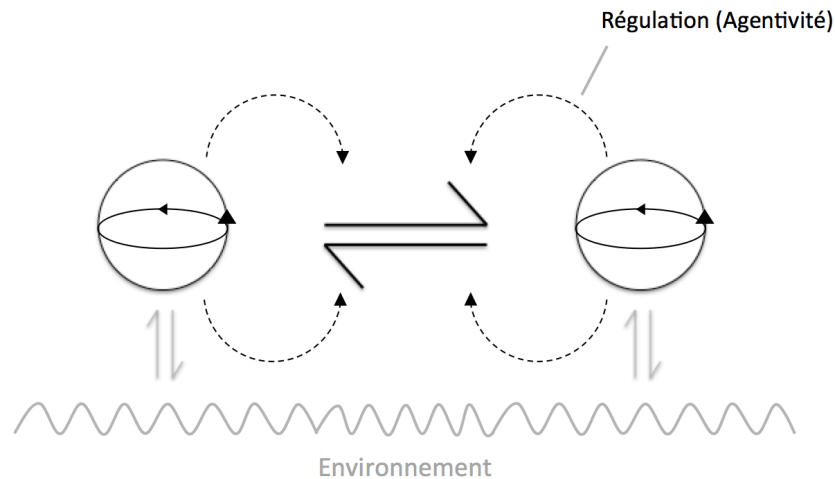


Figure 10. Schéma d'un couplage acteur/acteur. Ce couplage n'est possible que lorsque deux acteurs, qui partagent un environnement commun, commencent à s'engager dans un couplage mutuel, leurs activités deviennent entrelacées signant un processus d'interaction sociale.

En effet, dans l'approche enactive on considère que, lorsque deux acteurs partagent un environnement, les mouvements d'un acteur peuvent affecter cet environnement de telle sorte que cela entraîne des changements de stimulation sensorielle pour l'autre acteur et vice versa. En outre, lorsque ces changements de stimulation affectent un acteur, celui-ci produit en retour des changements dans son mouvement qui entraînent par la suite de nouvelles stimulations pour l'autre agent, et maintiennent ainsi dynamiquement l'interaction. Le résultat qui en émerge est une sorte d'identité comportementale du couplage social (i.e., *pattern* observable de la coordination interpersonnelle) (Froese & Di Paolo, 2011). Toutefois, dans ce courant les chercheurs se sont plutôt focalisés, notamment dans des disciplines telles que la philosophie et la psychologie, sur la question de la convergence des significations des acteurs (i.e., fort *participatory sense-making*) pour constituer une coordination interpersonnelle ayant sa propre autonomie (De Jaegher & Di Paolo, 2007 ; De Jaegher & Froese, 2009 ; McGann &

De Jaegher, 2009 ; Froese & Di Paolo, 2009 ; Di Paolo & al., 2010 ; Froese & Fuchs, 2012).

Dans les sciences du sport, c'est aussi ce couplage acteur/acteur, comme relation clé de la performance collective, qui a prédominé (Bourbousson et al., 2008, 2010, 2010a, 2010b, 2015 ; De Jaegher & Di Paolo, 2007 ; Poizat et al., 2008, 2009). Notamment, dû au paradigme cognitiviste et à l'approche « psychologique » dominante dans le domaine des sciences du sport depuis les années 80-90. Cette vision réduit, de par ses objets et ses méthodes, la coordination interpersonnelle à des « relations entre systèmes cognitifs » (e.g., perceptions / inférences sur les comportements de l'autre). Cette relation acteur/acteur donne au « contexte », ou à l'environnement matériel un rôle secondaire (i.e., une perception/conscience de la situation partagée ou non). De ce point de vue les premières études « cours d'action », centrées sur l'articulation des cours d'expérience et sur les dimensions « intersubjectives » de l'activité collective, tombent sous le coup de la même critique (Bourbousson et al., 2008, 2015 ; Saury, 2001, 2002, 2008 ; Saury & Testevuide, 2004). Dans ces recherches, l'environnement physique et matériel n'était pas étudié comme un « partenaire » servant de médiateur d'informations entre les différents constituants du collectif. Or, les résultats des Études 1 et 2 semblent pointer le fait qu'il est possible de se coordonner principalement via un environnement commun aux acteurs engagés dans une activité collective.

Dans le dernier cas, les études de la coordination interpersonnelle en sciences du mouvement, sur lesquelles de nombreuses études en sciences du sport s'appuient (e.g, Araujo & Davids, 2016 ; Araujo, Davids, Chow, Passos, & Raab, 2009 ; Araujo, Hristovski, Seifert, Carvalho & Davids, 2017 ; Hristovski, Davids, & Araujo, 2009 ; Passos, Araujo, Davids, & Shuttleworth, 2008), mettent en avant l'importance des ressources visuelles pour se coupler avec autrui. En effet, Schmidt & O'Brien (1997) montrent que si l'on demande à deux individus oscillant des pendules de ne pas se synchroniser, leurs mouvements tendent tout de

même vers la synchronie par des flux d'information visuelle difficiles à contrer. Ainsi, le flux d'information visuelle direct est devenu la source perceptive la plus étudiée, reléguant les autres sens (i.e., signaux auditifs, kinesthésiques, olfactifs) au second plan. Ainsi, peu de travaux en sport ont exploré les autres possibilités que les acteurs peuvent utiliser pour réguler leur coordination interpersonnelle. En aviron cette piste de couplage visuel direct existe : le rameur n°2 peut s'ajuster visuellement par rapport au chef de nage. Cette seule manière de voir la coordination interpersonnelle en aviron semble cependant insatisfaisante pour expliquer la régulation et surtout la co-régulation que l'on a pu observer dans nos trois études que ce soit sur le plan expérientiel (e.g., Études 1 et 2) ou comportemental (e.g., Étude 3), et ce notamment pour le chef de nage qui ne voit pas son partenaire.

5.1.1.2 L'environnement matériel comme partenaire ?

Nos travaux suggèrent la nécessité d'investiguer l'environnement comme une source d'ancrage informationnel pour les acteurs qui cherchent à se coordonner dans le but de produire une activité collective en sport. Toutefois, certaines adaptations théoriques du concept de stigmergie sont nécessaires pour considérer l'environnement comme un ancrage informationnel fort permettant aux acteurs de se coordonner en sport. En effet, nos travaux, ainsi que ceux de Millar et collaborateurs (2013), suggèrent qu'une forme de coordination indirecte en sport est possible. Toutefois, nous empruntons le terme de coordination extra-personnelle à Millar (2014) pour désigner une coordination qui s'opère grâce aux traces de l'autre disponible immédiatement, et perceptibles comme telles dans un environnement commun et sensible (i.e., ces traces sont amenées à disparaître). Cette définition diffère de la définition de la coordination stigmergique, en ce sens où le caractère séquentiel et permanent des traces laissées dans l'environnement est partiellement occulté. Cette réappropriation du concept de stigmergie en direction des phénomènes de coordination extra-personnelle permet une approche heuristique de la coordination stigmergique en sport. Les résultats des deux

premières études pointent qu'en aviron les rameurs ont tendance à ramer sans être directement focalisés sur leur coordination interpersonnelle mais semblent plutôt être sur un registre « implicite » suggérant leur capacité à rester coordonné entre eux grâce à une coordination de type extra-personnel. De plus, l'Étude 2 suggère aussi que les rameurs ancrent leur sensibilité sur la vitesse du bateau, ce qui laisse présager d'un mode de co-régulation extra-personnelle.

Ainsi, pour qu'un environnement physique ou matériel serve d'ancrage informationnel aux constituants d'un collectif (i.e., ancrage informationnel environnemental), cet environnement doit être en premier lieu commun à tous les acteurs, « sensible » à l'activité d'autrui (i.e., facilement malléable et une capacité à (re-)transmettre les modifications qu'il a subi). De plus, cet environnement doit dynamiquement évoluer dans le temps (i.e., instant après instant) reflétant, ainsi, à chaque instant l'histoire collective singulière qui se déroule. Ce genre de coordination extra-personnelle peut ainsi avoir lieu dans les sports mobilisant des environnements matériels dynamiques sensibles comme par exemple le bateau en aviron, ou encore les bateaux à foils en voile. En somme, des modes de coordination via l'environnement, comme c'est le cas de la coordination extra-personnelle, n'ont vraisemblablement pas été encore décrits dans d'autres situations collectives en sport. Toutefois, le concept de coordination extra-personnelle enrichit/développe la conception de coordination stigmergique qui serait un cas particulier de coordination extra-personnelle, en montrant notamment que celle-ci se différencie sur la simultanéité des activités, c'est-à-dire via une médiation dynamique permise par un environnement matériel qui inclut à la fois l'activité du (des) partenaire(s) et celle de l'acteur en question au fil de l'activité collective (Figure 11).

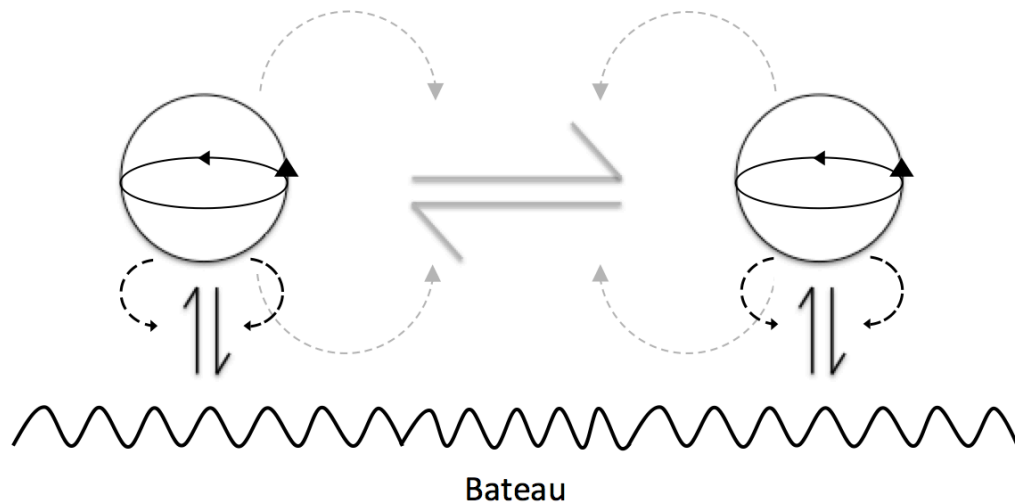


Figure 11. Schéma d'une coordination extra-personnelle. Ce mode de coordination n'est possible que lorsque deux acteurs partagent un environnement matériel sensible et commun aux deux acteurs.

Ce concept ouvre sur la possibilité de revisiter des travaux jusqu'à présent conçus dans une autre perspective, mais qui pourraient trouver là un éclairage nouveau en sport ainsi que dans d'autres domaines.

5.1.2 La similarité des expériences est-elle nécessaire pour se coordonner ?

Dans le cadre de nos Études, la capacité des rameurs à partager la perception de l'efficacité collective qu'ils ont au fil de la course (i.e., SSE-E et SSE-D) peut renvoyer à la notion de compréhension partagée de l'activité collective qu'ils sont en train de produire. Après un mois d'entraînement les rameurs ont tendance à accroître la proportion de l'activité dans laquelle leurs expériences simultanées sont similaires en terme de perception saillante de leur activité collective. Ces résultats suggèrent que les rameurs ont augmenté la similarité de leurs perceptions de l'efficacité collective suite à un entraînement collectif.

Les résultats des Études 1 et 2 suggèrent que les rameurs ont créé une culture commune d'interprétation de leurs coups de rame après la période d'entraînement. Ces résultats vont dans le sens de la littérature : de nombreux travaux ont suggéré que la « similarité des compréhensions » et des expériences vécues en amont et lors de l'activité était

un élément clé pour produire une performance collective efficace (Blickensderfer, Reynolds, Salas & Cannon-Bowers, 2010 ; Eccles, 2016 ; Eccles & Tenenbaum, 2004, 2007 ; Reimer, Park & Hinsz, 2006 ; Uitdewilligen, Waller & Zijlstra, 2010).

Ainsi, cette littérature suggère que la similarité des compréhensions est un facteur clé de la coordination interpersonnelle : les individus s'appuieraient sur des expériences partagées dans le but d'adopter des comportements compatibles, et agir en conséquence comme une « équipe experte ». Ces expériences partagées étaient en partie construites sur la base de la co-régulation située plus accrue suite à la période d'entraînement. Ce phénomène renvoie à la notion de *participatory sense-making* développée par De Jaegher et Di Paolo (2007). Ces auteurs s'appuient sur un continuum (Figure 12) pour comprendre la force du couplage social. À gauche du spectre délimitant ce continuum, il y a la perspective propre de l'acteur qui est affecté par la coordination interpersonnelle, et à droite du spectre, il y a la perspective propre partagée (i.e., un monde propre commun aux acteurs), c'est-à-dire une parfaite similarité des compréhensions. Dans cette perspective, la performance collective est *a priori* plus efficace si la perspective propre des acteurs constituant le collectif se situe à droite du spectre (i.e., perspectives propres des acteurs partagées), ce qui est en accord avec nos résultats.

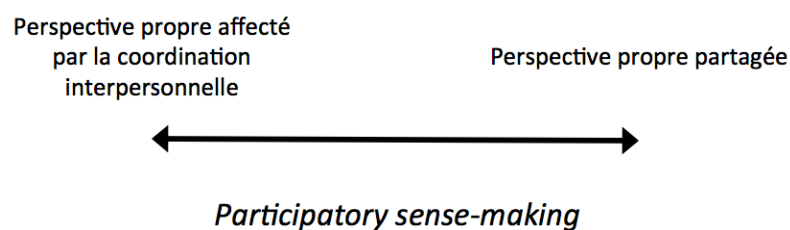


Figure 12. Continuum des différents degrés de *participatory sense-making*.

Toutefois, nos résultats sur la proportion d'expériences similaires et simultanées non significatives de l'activité conjointe (i.e., SSE-M) diminuent après un mois et une semaine d'entraînement. Ces résultats viennent questionner la vision de la coordination experte comme

résultante de l'agencement implicite des activités individuelles des athlètes lors de la production d'un comportement collectif (Blickensderfer et al., 2010 ; Cannon-Bowers & Bowers, 2006 ; Eccles & Tenenbaum, 2004, 2007). Dans cette perspective, et si d'autres preuves empiriques allaient dans le même sens, l'objectif principal pour atteindre une coordination interpersonnelle experte ne serait pas d'automatiser la coordination mais plutôt se focaliser sur le partage de significations entre les acteurs. Autrement dit, l'essentiel pour une coordination interpersonnelle efficace serait la capacité des rameurs à activement co-réguler leur activité collective et ce notamment dans des sports cycliques comme l'aviron. L'Étude 3 vient préciser cette idée en suggérant que les rameurs n'ont pas besoin de se focaliser sur tout le geste de rame mais seulement sur certains moments-clés (e.g., l'entrée dans l'eau et la sortie) pour réguler leur coordination interpersonnelle. Ce dernier point suggère à l'instar de Poizat (2006) et Bourbousson (2010) que seuls des points de connexion ponctuels seraient suffisants pour que des individus puissent réguler activement leur coordination interpersonnelle.

En somme, nos résultats suggèrent que des rameurs qui n'avaient jamais ramé ensemble auparavant construisent de plus en plus d'expériences significatives, et donc conscientes, communes (i.e., partagées) relatives à la perception de leur efficacité collective. Ainsi, ces résultats vont dans le sens d'une similarité des expériences entre les rameurs pour se coordonner de manière efficace (De Jaegher & Di Paolo, 2007). Cependant, nos résultats ouvrent aussi des pistes pour les recherches futures en aviron, et plus largement en sports collectifs, en suggérant (a) que le passage d'une coordination vécue à une coordination non significative n'est peut-être pas le facteur clé pour atteindre une coordination interpersonnelle experte, (b) que le point clé peut être le changement de l'objet de l'attention conjointe des rameurs, moins centrée sur la coordination elle-même, mais prenant davantage en compte les effets globaux de l'activité de l'équipage sur la performance du bateau (i.e., un passage de

« ramer pour maintenir une bonne coordination » à « ramer au service du bateau »), et (c) que les rameurs peuvent réguler leur coordination interpersonnelle en se focalisant seulement sur des parties saillantes de leur activité (e.g., l'entrée dans l'eau et la sortie), ce que Poizat et collaborateurs (2009) avaient suggéré en tennis de table.

5.1.3 Pistes pour les recherches futures

Nous suggérons de mieux considérer l'environnement en tant qu'élément de médiation actif de la coordination interpersonnelle au sein d'un collectif en situation naturelle. En d'autres termes des formes de coordination extra-personnelle pourraient être investiguées dans d'autres sports, directement en lien avec un environnement matériel très sensible comme en aviron ou les voiliers à équipage naviguant dans des régimes de « vol » sur foils (ou hydrofoils). Par exemple, en voile le passage en bateau à foil (i.e., sorte d'aile marine fixée sur un appendice de la coque et qui permet au bateau de « voler » quand il prend de la vitesse, grâce à ces plans hydrodynamiques porteurs) modifie l'environnement matériel qui dès lors devient plus sensible que sur un bateau à voile classique. Ce changement d'environnement matériel peut changer ce que l'on connaît du mode de coordination habituel utilisé par les équipages à bord des voiliers. Ainsi, en augmentant la sensibilité de l'environnement matériel, les ajustements avec le bateau semblent prendre une importance plus grande. Dans cette perspective, les routines collectives peuvent être modifiées et pourraient pousser les équipages à adopter un mode de coordination extra-personnel plutôt qu'un mode de coordination interpersonnel.

Ce mode de coordination extra-personnel, s'il est pris en compte, pourrait permettre de comprendre certains paradoxes lors de l'analyse de la coordination interpersonnelle, comme c'est le cas dans la manière de concevoir les équipages et de les entraîner en aviron (cf. partie 6.1 et 6.3).

Un autre horizon pour les futures recherches, qui pourrait être perçu comme une continuité de notre travail de thèse, serait d'associer deux conceptions encore distinctes des ancrages informationnels avec d'un côté le « niveau » des ancrages informationnels (i.e., local/global) et de l'autre la « nature » des ancrages informationnels (i.e., interpersonnel/extra-personnel). Nous aurions ainsi, des ancrages informationnels de type (a) local-interpersonnel comme lors d'un 1 contre 1 en rugby où le défenseur s'appuie sur des informations provenant directement de l'attaquant (i.e., de son espace proche) pour ajuster son déplacement (e.g., Passos et al., 2008 ; Passos, Araujo, Gouveia, Milho & Serpa (2008) ; Passos, Araujo, Davids, Milho, & Gouveia, 2009), (b) global-interpersonnel comme en basket-ball où les joueurs s'appuient sur l'étirement global des joueurs adverses pour attaquer le panier en dribble (Bourbousson, Deschamps & Travassos, 2014), (c) local-extra-personnel comme en cyclisme où les coureurs exploitent la traînée de l'air pour s'ajuster aux autres, c'est-à-dire qu'ils s'appuient sur les « traces aérodynamiques » de l'activité des autres coureurs à proximité dans le but de réduire leurs propres résistances à l'avancement, et (d) global-extra-personnel comme sur les embarcations collectives en aviron, les rameurs ont tendance à ancrer leurs perceptions sur le bateau, qui contient l'ensemble de l'activité collective (cf. Étude 2).

Ces propositions restent encore à être débattues et d'autres études sont à mener pour étayer la présence d'ancrages informationnels extra-personnels dans les activités collectives sportives. Dans cette perspective, différentes questions plus générales autour des ancrages informationnels s'ouvrent à nous : comment les ancrages informationnels s'enchaînent dynamiquement ? Comment s'expriment-ils aux différents niveaux de conscience (i.e., explicites/implicites) ? Comment se transforment-ils sous l'effet de contraintes d'entraînement et sont susceptibles de caractériser l'expertise ? Comment peuvent-ils guider

les démarches d'entraînement ? Comment les caractéristiques d'un sport stimulent/appellent certains ancrages informationnels ?

5.2 Apports à l'approche énaactive

5.2.1 Apports méthodologiques d'une articulation de descriptions en 1^{ère} personne et 3^{ème} personne

Dans cette partie, nous présentons les apports et limites de chacune des articulations méthodologiques que nous avons opérées lors de nos travaux de recherche.

5.2.1.1 Une mise en œuvre de l'échantillonnage des données comportementales par l'expérience

Les Études 1 et 2 de cette thèse ont articulé les descriptions en première et troisième personnes en échantillonnant les données comportementales via les données expérientielles. Cette forme d'articulation a été présentée par Bourbousson (2015) comme étant une piste prometteuse que nous avons décidé de mettre en œuvre dans cette thèse. Cette forme d'articulation permet comme nous l'avons signalé plus haut, d'identifier les corrélats comportementaux qui expliquent le mieux les différences entre les différentes catégories expérientielles (i.e, ensemble d'expériences vécues ayant les mêmes propriétés). Dans l'optique d'étudier les ancrages informationnels rendant compte du partage de la perception de l'efficacité collective des individus leur permettant d'ajuster et de maintenir leur coordination interpersonnelle, l'échantillonnage des données comportementales par l'expérience vécue nous semblait être la forme d'articulation des données la plus appropriée. Ce choix a aussi été fait au regard des données d'expérience recueillies sur leur activité de rameur. En effet, lors des deux premières Études, les ancrages informationnels n'apparaissent pas dans les données de la conscience préreflexive des rameurs (i.e., expériences syncrétiques

des rameurs). Les rameurs commentaient la perception de l'efficacité générale de chaque coup de rame (cf. Millar, 2014). C'est en grande partie parce que l'analyse phénoménologique ne nous permettait pas à elle seule de renseigner des ancrages informationnels des rameurs lors de ces situations de course que nous avons mobilisé une approche croisant différents types de données pour inférer ces ancrages informationnels. Nous avons donc cherché les corrélats mécaniques susceptibles d'expliquer les différences entre les coups de rame vécus comme efficaces ou non-efficaces, ces corrélats mécaniques étant susceptibles de nous éclairer sur la nature des ancrages informationnels supports de leur régulation active.

Notre approche méthodologique s'est inspirée des travaux de Lutz et collaborateurs (Lutz, Lachaux, Martinerie et Varela, 2002 ; Lutz & Thompson, 2003) et de ceux de Varela et collaborateurs (Rodriguez, George, Lachaux, Martinerie, Renault, & Varela, 1999 ; Thompson & Varela, 2001) menés en « neurophénoménologie ». Ces études se sont appuyées sur un échantillonnage des données de neuro-imagerie (i.e., description en troisième personne) par les données expérientielles (i.e., description en première personne). Autrement dit, les chercheurs séparaient les sujets en deux groupes en fonction de l'expérience vécue par les sujets face à une image abstraite puis regardaient les patterns neurologiques des deux groupes. Toutefois, seuls les grands principes d'articulation des données leur ont été empruntés. En effet, l'analyse phénoménologique a été menée à l'aide de la méthodologie du programme de recherche du cours d'action et ce sont des données mécaniques qui ont servi à l'analyse des données en troisième personne. Un autre point de divergence avec les études de Lutz et collaborateurs (2002, 2003) est le caractère expérimental de leurs travaux, où les catégories expérientielles préexistent à l'expérimentation. Dans notre cas, nous avons d'abord dû reconstruire les catégories expérientielles à l'aide d'une analyse thématique sur la base des données phénoménologiques. Nos Études étant exploratoires et conduites en situation naturelle, nous ne pouvions prédire les catégories expérientielles, qui ressortent de l'analyse

de l'activité des acteurs en situation. De plus, nos catégories expérientielles ne sont pas utilisées pour discriminer une population d'une autre en fonction de leur expérience (Rodriguez, George, Lachaux, Martinerie, Renault, & Varela, 1999 ; Thompson & Varela, 2001) ; elles visent plutôt à rendre compte au fil d'une activité du partage, ou non, d'une perception (i.e., expérience vécue) commune d'efficacité collective.

Malgré le fait que l'échantillonnage des données comportementales par l'expérience casse en partie la dynamique de l'activité. En effet, lors de la thématisation des données phénoménologiques et de l'échantillonnage des données comportementales, cette dynamique de l'activité est perdue au profit de la compréhension de la manière dont les rameurs co-régulent globalement leur activité. Cette forme d'articulation a, comme nous l'avons décrit plus haut, un réel intérêt pour apporter une piste explicative sur le type de contraintes extrinsèques de l'expérience vécue pouvant conduire à des vécus différents chez les acteurs. De plus, cette méthodologie a permis de répondre à nos hypothèses, ce qui n'aurait pu être possible avec seulement une description en première ou troisième personne.

5.2.1.2 Une mise en œuvre de l'analyse croisée des données comportementales et expérientielles recueillies dans une même situation

L'Étude 3 de cette thèse a articulé des descriptions en première et troisième personnes en croisant des données qui ont été recueillies lors d'une même situation, d'une part des données qui renvoient à l'expérience vécue des individus, et d'autre part, des données relatives à leurs comportements. Cette forme d'articulation permet (a) de procéder à deux analyses distinctes d'une même situation/activité dans le but de ressortir certaines pistes explicatives du phénomène que l'on veut observer (e.g., la co-régulation active des rameurs dans notre cas ; cf. Étude 3), et (b) de croiser les deux analyses pour rendre compte de phénomène que nous ne pourrions observer sans ce croisement des descriptions en première

et troisième personnes. Dans le cadre de l'Étude 3, nous voulions observer la manière dont deux rameuses expertes co-régulaient leurs activités respectives et s'adaptait à des cadences de rame imposées différentes. Cette forme d'articulation méthodologique nous a semblé pertinente pour rendre compte de la co-régulation à l'aide d'un croisement entre une description en première et en troisième personne. Par exemple, l'analyse comportementale de l'Étude 3 a montré qu'au niveau de la partie propulsive de la phase de propulsion, les rameurs avaient tendance à plus ajuster mutuellement leur mouvement de rame lors des faibles cadences que lors des hautes cadences. Or, l'analyse phénoménologique a pointé quant à elle que la partie propulsive n'était pas une période saillante dans l'expérience des rameuses. Ensemble, ces résultats révèlent un phénomène de co-régulation important, au niveau comportemental, sur la partie propulsive de la phase de propulsion lors des faibles cadences sans toutefois être une co-régulation active de la part des rameuses (i.e., pas de co-régulation au niveau phénoménologique). Une analyse seulement basée sur une description en première ou en troisième personne aurait été imprécise voire même erronée. En effet, une analyse comportementale seule aurait conduit à la conclusion que les rameuses se co-régulaient activement à faible cadence lors de la partie propulsive alors qu'une analyse phénoménologique seule aurait conclu de son côté qu'aucune forme de co-régulation n'était présente durant cette même phase.

L'analyse croisée des données comportementales et expérientielles d'une même situation a permis d'avoir un regard plus précis sur notre objet d'étude et de caractériser chaque élément constituant de l'interaction sociale, c'est-à-dire les corrélats comportementaux non-accidentels (i.e., la phase relative continue, la version adaptée de l'UCM) grâce à l'analyse comportementale et le partage de significations (i.e., le partage des expériences vécues) des acteurs grâce à l'analyse phénoménologique. Cette méthodologie

permet ainsi de rendre compte des phénomènes d'interaction sociale en respectant et renseignant les présupposés éactifs.

5.2.2 La place de l'environnement dans la coordination interpersonnelle

Nos travaux questionnent la place de l'environnement dans la coordination interpersonnelle telle qu'elle est définie dans une approche éactive. En effet, l'Étude 1 a pointé que les rameurs n'avaient pas besoin de faire l'expérience saillante de leur coordination pour produire une activité collective satisfaisante. Dans l'Étude 2, les résultats ont pointé que les rameurs pouvaient réguler activement leur activité collective via un environnement matériel (i.e., le bateau). Les résultats de l'Étude 3 quant à eux ont suggéré que les rameurs lors de la phase propulsive n'étaient pas tout le temps engagés dans une activité observable d'ajustement mutuel fort pour propulser le bateau. Ainsi, ces résultats questionnent les idées fondatrices de la coordination interpersonnelle dans une perspective éactive (De Jaegher & Di Paolo, 2007 ; Froese & Di Paolo, 2011). En effet, De Jaegher et Di Paolo (2007) définissent la coordination interpersonnelle comme un processus dynamique, duquel émerge un système social autonome, où plus les participants co-régulent leur activité conjointe, plus l'émergence d'un système social autonome est permise (cf. Figure 12). Cette autonomie du système social induite par le processus de coordination n'est toutefois que temporaire puisqu'elle dépend, comme tout système autopoïétique, de l'interaction en place entre ses constituants, ici la co-régulation des acteurs.

Cependant nos travaux suggèrent que les rameurs ne sont pas continuellement en train de réguler mutuellement leur activité l'un par rapport à l'autre, mais régulent cette activité en relation avec un troisième « partenaire » qui serait le bateau, ce dernier captant et restituant à chaque instant les adaptations de chacun des rameurs. Dans ce cas, il y a bien une co-régulation qui pourrait être qualifiée d'indirecte ou médiée par la situation matérielle. En somme, cette conception de la régulation pose la question de la nature de la régulation (i.e.,

directe ou indirecte) lors de la tâche de croisement perceptif qui a été utilisée en psychologie pour débattre des effets et contraintes de la co-régulation sur la coordination interpersonnelle (Auvray, et al., 2009 ; Auvray & Rohde, 2012). En effet, dans les expériences de Froese et collaborateurs (2014a, 2014b) les individus déplaçaient un avatar dans un environnement virtuel peuplé par des entités différentes (e.g., avatar d'humain, leurres mouvants et leurres fixes). Aucune information visuelle n'était accessible mais la rencontre de chacune des entités, avec la souris, procurait la même information sensorielle. La tâche pour les participants était de reconnaître la présence de leur partenaire et de l'indiquer par un clic. Ainsi, les acteurs n'interagissaient qu'en perturbant un environnement sensible fictif qu'ils avaient en commun (cf. Figure 3) et non en se co-régulant directement dans une situation sans interface matérielle. À l'aune de nos résultats, la co-régulation active dans les études de croisements perceptifs de Froese pourrait être qualifiée de coordination extra-personnelle en ce sens où le sujet interagit avec un environnement sensible, où il rencontre des stimuli, mais dans lequel il dépose également, de façon incidente, des informations captables par d'autres sujets. De la sorte, chacun interagit avec un environnement sensible dont il ne cerne pas explicitement la présence de l'autre, mais pour autant ressent l'autre lorsque l'information environnementale qu'il capte est dynamique et cohérente. Dans le cas précis où l'information environnementale s'adapte à lui également, c'est-à-dire signe une forme d'ajustement mutuel, alors les sujets semblent faire l'expérience de la co-régulation en produisant un « clic » pour confirmer qu'ils interagissent avec autrui. Autrement dit, le sujet est seul face à un environnement dans lequel l'autre n'existe pas, mais qui peut être perçu par les traces dynamiques qu'il y dépose simultanément. De plus, Froese et collaborateurs (2014a, 2014b) montrent, comme les résultats de notre Étude 3, que plus il y avait d'interactions entre les deux acteurs et plus les acteurs produisaient des significations partagées. Toutefois, nos résultats laissent penser que cette forme de coordination n'est possible que parce que les

traces de son activité et de celle d'autrui sont visibles grâce à un environnement sensible et commun aux deux acteurs.

Dans une perspective énaactive, nos résultats poussent à considérer la co-régulation médiée par une situation matérielle comme une notion à la fois proche et alternative à celle de cognition distribuée (Hutchins, 1995a, 1995b) et/ou de cognition étendue (Clark, 1998 ; Clark & Chalmers, 1998) dans des approches en lien avec le traitement de l'information. En effet, les acteurs et l'environnement matériel sont considérés comme des éléments constituant un système cognitif complexe, présentant des propriétés cognitives globales du système (i.e., acteurs et environnement matériel) qui permettent aux acteurs de se coordonner. Dans ces approches, les acteurs restent au centre de la focale mais tous les éléments, de l'environnement matériel qui médiatisent leur relation sont tout aussi importants et doivent être pris en compte lors de la réalisation d'une tâche. Ici, l'environnement constitue une partie de la structure à travers laquelle les représentations sont transformées et propagées (Hutchins, 1995a ; Clark, 1998). Ainsi, la redéfinition de la coordination extra-personnelle permise à l'aide de nos travaux suggère, ici, que la co-régulation médiée par la situation matérielle serait une réinterprétation de la notion de cognition distribuée et/ou de cognition étendue dans une perspective énaactive accordant un primat à l'autonomie individuelle et à l'expérience des acteurs, et non en concevant le collectif comme un ensemble d'éléments humains et non-humains assumant des fonctions cognitives, et traitant un flux d'informations.

Dans cette perspective, nos travaux ouvrent des pistes de réflexion et/ou de travaux empiriques pour les futures études qui s'ancrent dans une approche « énaactive ». En effet, selon Varela et collaborateurs (1993), le domaine consensuel qui résulte du couplage de troisième ordre, c'est-à-dire de l'interaction entre différents systèmes autopoïétiques ayant un système nerveux, se fait par un couplage direct acteur/acteur (Figure 13). En posant le concept de coordination extra-personnelle, comme étant un couplage de troisième ordre mais sans

interaction directe entre les acteurs, celui-ci amène à repenser le développement d'un domaine « consensuel » dans le cadre d'interactions médiées par l'environnement.

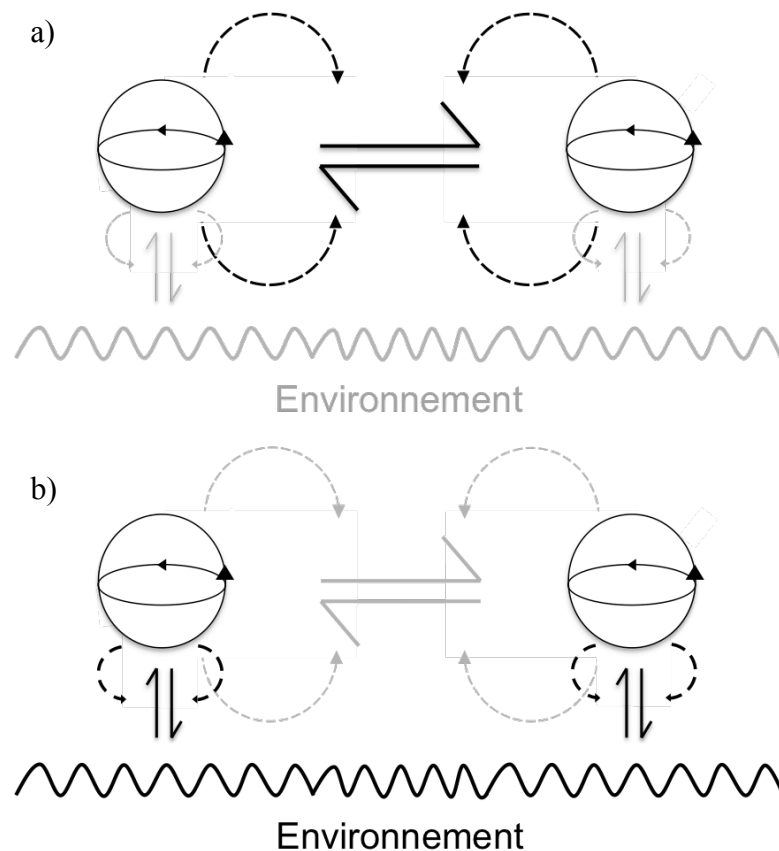


Figure 13. Schémas de couplages structurels de troisième ordre. a) Couplage de troisième ordre Varélien de type interpersonnel. b) Couplage de troisième ordre de type extra-personnel.

6 APPORTS À LA CONCEPTION D'AIDES EN AVIRON

Dans cette partie, nous envisageons différentes propositions de formation ou d'aide à la performance en aviron, prenant en compte les résultats de l'Étude 2 en lien avec la coordination-extra-personnelle et les résultats de l'ensemble de nos Études en lien avec la co-régulation active au sein des équipages plus experts. Ces différents dispositifs respectent les présupposés ontologiques qui orientent une analyse de l'activité collective dans une approche énaactive. En ce sens ces dispositifs d'entraînement sont fondés sur la même épistémologie que celle de nos recherches.

6.1 Faut-il entraîner les rameurs à ramer ensemble ?

En aviron, chaque rameur a une place dans le bateau qui correspond à un rôle bien défini. En deux de pointe sans barreur par exemple, le chef de nage qui est à l'arrière du bateau (i.e., le rameur qui ne voit pas ses coéquipiers) doit « sentir l'autre » et être puissant pour impulser le rythme (i.e., la cadence). Le « 2 », le rameur placé dans le dos du chef de nage, doit quant à lui être très régulier dans son coup de rame et techniquement stable pour être totalement synchronisé avec le chef de nage (Nolte, 2005, 2011). Ces rôles ont conduit les entraîneurs à se focaliser principalement sur la technique individuelle pour que les rameurs aient des repères techniques. Ensuite lors des courses ou des entraînements en équipage les rameurs placés en « 2 » doivent se coordonner parfaitement avec leur chef de nage, les entraîneurs faisant principalement des retours sur la technique individuelle de chacun et sur la capacité du « 2 » à être synchronisé avec le chef de nage (Lippens, 2005).

En s'appuyant sur le concept de coordination extra-personnelle, que nous avons défini plus haut, alors cette vision de l'entraînement pourrait être redéfinie. En effet, si chacun des rameurs qui constituent le bateau est très sensible à celui-ci alors les rameurs n'ont plus besoin de s'entraîner directement avec leur(s) coéquipier(s) mais plus à « comprendre » comment s'ajuster avec le bateau. La sensibilité au bateau, comme un facteur de performance autant individuel que collectif, devrait dès lors être une piste de travail individuel que les rameurs pourront améliorer en ramant avec des coéquipiers changeants en deux de pointe sans barreur, et d'autre part une piste d'amélioration du fonctionnement collectif puisque les rameurs n'auront besoin que de partager une relation équipage/bateau commune pour ensuite apporter chacun leurs ajustements dans le but de maintenir cette relation équipage/bateau efficace. Ainsi, cette vision de l'entraînement réduit la nécessité d'un travail collectif spécifique et permettrait une interchangeabilité des membres accrue dans ce type de sport

fortement médié par un environnement matériel, du fait de cette moindre dépendance aux routines collectives.

Quelles seraient les implications pratiques d'un entraînement basé sur la coordination extra-personnelle ? Dans cette veine, les entraînements collectifs seraient orientés vers la capacité des rameurs à ressentir l'autre dans le bateau et à apprendre à compenser autrement les variations du bateau que lorsqu'ils sont seuls. Par exemple, nous pourrions proposer de sonder l'expérience partagée de l'activité collective des rameurs et confronter leurs expériences avec des données « objectives » recueillies à l'aide d'un système embarqué afin de départager les moments où ils n'ont pas les mêmes perceptions ou de certifier, ou non, la perception de l'efficacité de leurs coups de rame. Ainsi, dans la lignée des travaux de Millar (2014) en skiff, ici, les rameurs seraient amenés à dire simultanément et à haute voix « Bon » ou « Mauvais », tous les cinq coups de rame, et d'avoir un retour direct de leur performance collective, via un signal sonore ou lumineux (e.g., Aavenuti, Cesarini & Cimino, 2013 ; Schaffert, Gehret & Mattes, 2012 ; Schaffert & Mattes, 2012), sur la base d'indicateurs préalablement sélectionnés comme rendant compte d'une activité collective performante. Cet exercice permettrait de rendre compte de la similarité des significations construites par les rameurs, et de la capacité des rameurs à reconnaître un coup de rame efficace ou non. Sur la base de ces informations, les rameurs pourraient ainsi (a) finir par partager les mêmes significations et donc partager leur perspective propre, (b) ancrer leur focalisation sur le bon indicateur et (c) adopter un bon ajustement comportemental permettant de créer ou de maintenir un coup de rame efficace.

En somme, ce changement induirait une évolution conceptuelle de l'entraînement qui irait de « produire un coup de rame biomécaniquement efficace (e.g., basé sur les profils de force comme une « signature » technique du rameur) à « faire corps avec le bateau pour ajuster chaque coup de rame ».

6.2 Un modèle de la coordination interpersonnelle en aviron : de l'apprenti à l'expert

Nous proposons, ici, une schématisation de l'évolution de l'expertise chez les rameurs sur la base de nos résultats, notamment ceux concernant l'évolution de l'activité de l'équipage entre les Études 1 et 2.

L'Étude 1 suggère qu'un équipage nouvellement formé fonctionne plutôt sur un mode de co-régulation implicite dans une large part de l'activité des rameurs (75,5%). Concrètement, les moments où « tout va bien », les rameurs semblent ne pas co-réguler activement leur activité conjointe, suggérant une forme de coordination extra-personnelle. Lors des moments saillants, c'est-à-dire les moments où les rameurs font l'expérience de leur activité conjointe, les rameurs semblent co-réguler activement leur activité à un niveau d'organisation interpersonnelle (Figure 14). Ces moments saillants étaient relativement rares au cours de la course étudiée (15,2%).

Chez les rameurs expérimentés les moments saillants étaient plus récurrents (55,5% ; cf. Figure 14). Les Études 2 et 3 suggèrent qu'un équipage plus expert fonctionne sur un registre de co-régulation active dans une large part de l'activité des rameurs sur un niveau d'organisation extra-personnel (i.e., la vitesse du bateau). Les rameurs semblent ne pas co-réguler activement leur activité conjointe, suggérant une forme de coordination extra-personnelle (i.e., mode de co-régulation non-significatif dit « extra-personnel »).

La figure 14 présente à gauche les différents niveaux d'organisation (individuel, interpersonnel et bateau) et en colonne les moments non-significatifs (i.e., les coups de rame vécus comme non-significatifs) ainsi que les événements saillants (i.e., les coups de rame vécus comme significatifs). L'icône du rameur en gris correspond au niveau auquel les rameurs semblent (co-)réguler activement leurs activités.

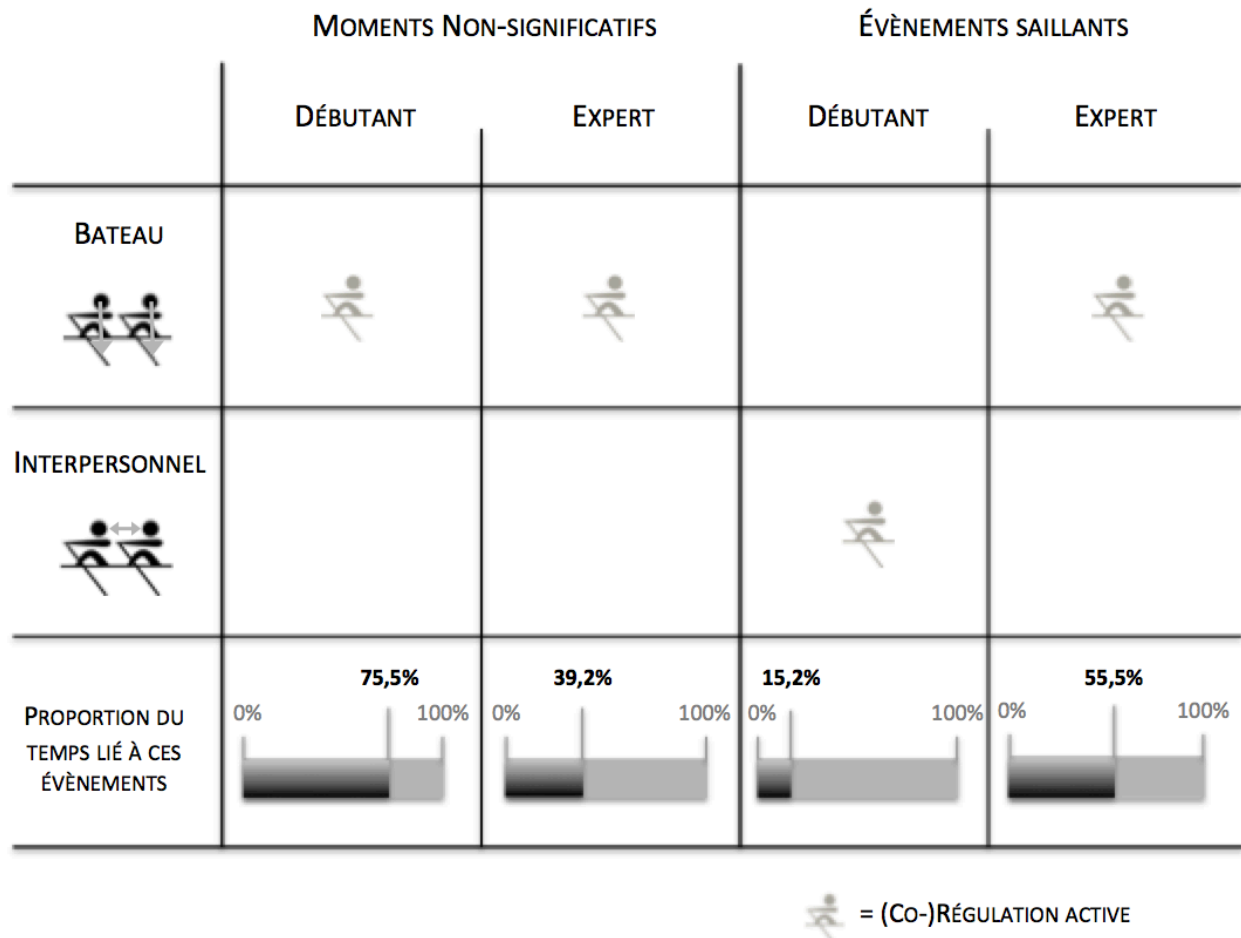


Figure 14. Schématisation de l'évolution de l'expertise chez les équipages en aviron sur la base de nos études.

En somme, notre thèse suggère que (a) les équipages débutants faisaient moins l'expérience significative de leur activité conjointe que les équipages experts, (b) les équipages experts co-régulaient activement leur activité collective via un mode de coordination extra-personnel alors que les équipages débutants fonctionnait via un mode de coordination inter-personnel, et (c) les équipages experts co-régulaient activement leur activité conjointe lors de moments bien spécifiques lors de la phase de propulsion (i.e., l'entrée et la sortie des rames de l'eau), leur servant de points de raccordement ponctuels.

6.3 Un nouvel éclairage sur la pertinence d'un mode singulier de constitution des équipages

En France, la sélection pour l'accès en équipe nationale se fait à l'issue des résultats des championnats de France « bateaux courts » (i.e., skiff ou deux de pointe sans barreur). Concernant les rameurs qui rament pour des bateaux de couple, « *la règle instaurée veut que les six premiers rameurs constituent le double et le quatre de couple de l'équipe de France, les 7^{ème} et 8^{ème} sont engagés en skiff et assurent les fonctions de remplaçants des 2 bateaux. Dans le cas où le champion de France serait au niveau d'une médaille mondiale en skiff, le skiff pourrait devenir prioritaire* » (Gossé, Carpentier & Avanzini, 2008 ; p.6). De plus, l'entraînement se focalise principalement sur les performances et la progression individuelle des rameurs (e.g., qualités physiques et physiologiques) pour connaître et synchroniser les pics de forme de chacun. En effet, généralement les rameurs rament la plus grande partie de la saison en skiff (i.e., embarcation individuelle) et ils sont soumis à des tests individuels tous les mois.

Cette vision additive de la performance individuelle des rameurs pour constituer un équipage performant va pourtant à l'encontre de la littérature scientifique sur la coordination interpersonnelle qui suggère que l'interaction entre les individus est plus importante que la somme de leurs compétences individuelles (Eccles & Tenenbaum, 2004). Pourtant cette approche qui privilégie la complémentarité ou « compatibilité » des profils mécaniques reste encore la principale ressource utilisée pour constituer un équipage en aviron (Hill, 2002 ; Nolte, 2005, 2011). À la lumière de nos travaux et de ceux de Millar et collaborateurs (2013, 2014), la sensibilité au bateau des rameurs expliquerait en grande partie cette capacité des rameurs à pouvoir s'entraîner seul et ramer en compétition au sein d'un équipage.

Nos travaux poussent à considérer la relation rameur/bateau comme une variable clé pour constituer un équipage efficace. En effet, si chacun des rameurs est sensible aux

mouvements du bateau et réagit de manière appropriée aux sensations qu'il ressent alors les rameurs n'ont plus réellement besoin de s'ajuster entre eux. La performance collective et la coordination inter-rameurs se feraient via une bonne coordination de l'ensemble des rameurs avec le bateau. Cette prise en compte permettrait de potentiellement faciliter la constitution des équipages en prenant prioritairement des rameurs qui savent s'adapter plutôt que des rameurs qui ont les mêmes caractéristiques techniques.

6.4 La prise en compte des expériences saillantes comme support de l'entraînement ?

Dans la recherche constante de l'optimisation de la performance et de l'entraînement, nous pouvons noter la préconisation de la vidéo dans une visée réflexive et exploratoire par les entraîneurs de haut niveau (Durand, Saury & Sève, 2006 ; Saury, 2003 ; Poizat, Sève & Saury, 2013). Cette forme d'exploitation de la vidéo diffère d'autres formes d'utilisation de la vidéo, souvent employées par les entraîneurs, à un usage évaluatif consistant à l'évaluation et à la correction de la technique par exemple. Ces nouvelles formes d'utilisation de la vidéo, amenant les athlètes à se mettre en posture réflexive d'un genre particulier (i.e., discours en première personne), visant une « remise en situation », face à leurs traces d'activités passées. Cette remise en situation vise à enquêter de façon détaillée sur des moments particuliers de l'activité des athlètes, jugés « flous » (i.e., qui nécessitent un éclairage à posteriori) ou à des moments saillants (i.e., des événements qui ont fait sens pour les athlètes).

Dans ces procédures d'entraînement, c'est l'athlète qui partage ses expériences vécues permettant, ainsi, à l'entraîneur mais aussi à l'athlète de comprendre et d'identifier les processus de production et de détérioration de sa performance (Sève, Poizat, Saury & Durand, 2006). Si l'on observe une utilisation de ces formes d'usage de la vidéo (Durand, Saury & Sève, 2006), les procédures mises en place ne sont pas soumises à un protocole précis.

Sève et collaborateurs (Sève et al., 2006) ont proposé et testé des formes d'entretien d'autoconfrontation à des fins d'intervention et non de recherche. Ces entretiens ont pour

objectif d'aider les rameurs à construire des connaissances valides, sur eux-mêmes, qui pourront être utilisées lors d'entraînements ou de courses futures. Ces entretiens, comme les entretiens d'autoconfrontation, se basent sur le visionnage d'enregistrements vidéo avec des moments où le rameur se remet en situation (i.e., accès au cours d'expérience) et des moments de réflexions à posteriori sur son activité passée (i.e., la manière dont l'expérience du rameur à influencer sur sa performance). Ces entretiens, tout en reprenant les principes généraux des entretiens d'autoconfrontation, s'en distinguent par leur conduite, c'est-à-dire qu'ici l'interviewer (i.e., l'entraîneur) ne se contente pas seulement d'aider les athlètes à expliciter leur activité passée mais les invite aussi à juger la pertinence de leurs choix ou encore à les questionner au regard d'autres possibles. Ainsi ces entretiens pourraient être utilisés pour que le rameur partage avec son entraîneur la relation qu'il a avec le bateau et, par la même occasion, que le rameur affine sa perception, ses actions et ses intentions sur le bateau.

Dans le cadre de nos travaux, nous avons soulevé des moments qui n'étaient pas vécus simultanément de la même manière par les rameurs. Ainsi, nous proposons aussi un recours à l'utilisation d'entretiens collectifs basés sur la méthode des entretiens en autoconfrontation croisée. En effet, l'autoconfrontation croisée s'apparente à l'entretien d'autoconfrontation précédemment décrit. A ceci près que l'autoconfrontation croisée s'organise en deux temps : (a) un entretien d'autoconfrontation simple avec chacun des protagonistes est effectué, et (b) une confrontation entre les protagonistes, sur la base de leurs entretiens d'autoconfrontation respectifs préalables, animée par un interviewer (Clot, Faïta, Fernandez & Scheller, 2001). L'enregistrement de l'activité de chacun des acteurs leur est alternativement présenté. Sur la base des enregistrements de l'activité d'un des acteurs l'interviewer sollicite les commentaires de l'autre acteur (i.e., celui qui n'est pas directement concerné par l'enregistrement). Le second acteur est alors confronté aux retours de son coéquipier. L'autoconfrontation croisée semble être une forme d'entretien favorable à une pratique réflexive, permettant aux acteurs

de se « mettre au diapason » sur la co-construction de l'activité collective qu'ils produisent lors des entraînements ou des compétitions en aviron. Dans un but de formation ou d'aide à la performance en aviron, l'autoconfrontation croisée présente l'intérêt d'être une source de développement importante concernant le partage d'une perception d'efficacité collective à l'équipage ou encore la partage de « procédures » d'ajustement au bateau. Par exemple, les rameurs peuvent se mettre d'accord sur les « signes » qui montrent que le bateau « tombe » d'un côté (i.e., phénomène de roulis), afin d'ajuster la finesse de leurs perceptions communes, et ainsi instaurer des règles communes de fonctionnement/ajustement (e.g., « dans ce cas on fait quoi ? »).

En somme, ce type d'entretien favoriserait le partage et la mise en commun d'expériences, qui enrichiraient le référentiel des rameurs participant à ces procédures. L'autoconfrontation croisée, pour la formation, est un moyen de compréhension des différences entre les acteurs, en matière d'expérience et de mobilisation d'expérience dans une situation et un équipage donnés. Dans le cadre de la coordination extra-personnelle et de la formation à la sensibilité d'ancrages informationnels environnementaux, ce type d'entretien constitue un outil particulièrement intéressant puisqu'il permet la construction de connaissances nouvelles et partagées des traces de l'activité que chacun des rameurs laisse à voir dans l'environnement matériel qu'est le bateau.

CONCLUSION & PERSPECTIVES

Si nos travaux de thèse ont souligné le manque de prise en compte de la (co-)régulation active de l'activité des acteurs dans les sciences du sport en tant qu'objet d'étude clé des processus de coordination interpersonnelle, ils ont également pointé les apports méthodologiques et empiriques qu'a permis une situation d'étude privilégiée telle que l'aviron.

Nos résultats montrent essentiellement que la coordination interpersonnelle en aviron chez des équipages confirmés reposerait sur une (co-)régulation active de leur activité collective. Les Études 1 et 2 suggèrent que cette (co-)régulation active devient de plus en plus prégnante au fur et à mesure que les rameurs entraînent leur activité conjointe. Les rameurs dans nos travaux étant passés d'un mode de (co-)régulation active interpersonnelle à extra-personnelle. L'Étude 3 quant à elle suggère l'existence d'une propriété de « dégénérescence » dans le système social que constituent les rameurs lorsque ceux-ci sont confrontés à différentes cadences imposées. Les résultats suggèrent aussi des formes de « *participatory sense-making* » accrues se construisent dans les instants de co-régulation comme le supposent De Jaegher et Di Paolo (2007).

Dans un cadre plus large nos travaux suggèrent de repenser ou re-conceptualiser la manière dont le domaine consensuel se construit et « s'ancre » dans la dynamique des interactions avec un environnement (i.e., physique ou matériel) sensible et commun aux acteurs engagés dans un couplage de troisième ordre. Nous employons ainsi le terme coordination extra-personnelle ou co-régulation extra-personnelle pour parler au sens large des interactions indirectes dont la stigmergie est une forme spécifique.

Les méthodologies interdisciplinaires cherchant à croiser l'analyse de descriptions en première et troisième personne restent encore à être développées. Toutefois, malgré certaines limites l'échantillonnage des données comportementales par l'expérience et l'analyse croisée de données comportementales et phénoménologiques nous semblent être des pistes

prometteuses de développement pour rendre compte de la complexité du réel (e.g., Morin, 1990) ou, dans notre cas, de la coordination interpersonnelle. Par exemple, les limites majeures de l'échantillonnage des données comportementales par l'expérience sont : (a) une différence dans le nombre de cycles inclus dans chaque échantillon qui peut venir compliquer l'interprétation des résultats, (b) une rupture de la dynamique dans l'analyse de l'activité lors de la phase d'échantillonnage et (c) un grand nombre de variables à tester si l'on ne sait pas en amont où chercher dans les données comportementales.

La (co-)régulation active en tant qu'objet d'étude semble prometteuse notamment pour comprendre l'activité conjointe et la performance collective en sport. Notre travail ouvre notamment sur la définition de nouveaux types d'ancrages informationnels et/ou de mode de (co-)régulation mais aussi sur l'enchaînement dans le temps de l'utilisation par les acteurs de ces éléments en fonction de leur rôle dans l'effectif, en fonction de la taille de l'effectif ou encore de la position sur l'aire de pratique.

RÉFÉRENCES

- Aglioti, S. M., Cesari, P., Romani, M., & Urgesi, C. (2008). Action anticipation and motor resonance in elite basketball players. *Nature neuroscience*, *11*(9), 1109-1116.
- Amazeen, P. G., Schmidt, R. C., & Turvey, M. T. (1995). Frequency detuning of the phase entrainment dynamics of visually coupled rhythmic movements. *Biological Cybernetics*, *72*(6), 511-518.
- Araujo, D., & Bourbousson, J. (2016). Theoretical perspectives on interpersonal coordination for team behaviour. In P. Passos, K. Davids, & J. Y. Chow (Eds.). *Interpersonal coordination and performance in social systems* (pp. 126–139). London: Routledge.
- Araujo, D., & Davids, K. (2016). Team synergies in sport: theory and measures. *Frontiers in psychology*, *7*.
- Araujo, D., & Davids, K. (2016). Towards a theoretically-driven model of correspondence between behaviours in one context to another: implications for studying sport performance. *International Journal of Sport Psychology*, *47*(1), 745-757.
- Araujo, D., Davids, K. W., Chow, J. Y., Passos, P., & Raab, M. (2009). The development of decision making skill in sport: an ecological dynamics perspective. In D. Araujo, R. Duarte & H. Ripoll (Eds.), *Perspectives on cognition and action in sport* (pp. 157-169). Suffolk : Nova Science Publishers, Inc.
- Araujo, D., Davids, K., & Hristovski, R. (2006). The ecological dynamics of decision making in sport. *Psychology of sport and exercise*, *7*(6), 653-676.
- Araujo, D., Hristovski, R., Seifert, L., Carvalho, J., & Davids, K. (2017). Ecological cognition: expert decision-making behaviour in sport. *International Review of Sport and Exercise Psychology*, 1-25.
- Arrow, H., McGrath, J. E., & Berdahl, J. L. (2000). *Small groups as complex systems: Formation, coordination, development, and adaptation*. Sage Publications.
- Assemat, K. (2012). Approche située de la compréhension de la situation de course » par des coéquipiers cyclistes sur route. Mémoire de Master 2 en STAPS non publié, Université de Nantes, Nantes.

-
- Atmaca, S., Sebanz, N., Prinz, W., & Knoblich, G. (2008). Action co-representation: the joint SNARC effect. *Social neuroscience*, 3(3-4), 410-420.
- Auvray, M., Lenay, C., & Stewart, J. (2009). Perceptual interactions in a minimalist virtual environment. *New ideas in psychology*, 27(1), 32-47.
- Auvray, M., & Rohde, M. (2012). Perceptual crossing: the simplest online paradigm. *Frontiers in human neuroscience*, 6.
- Avvenuti, M., Cesarini, D., & Cimino, M. G. (2013). MARS, a multi-agent system for assessing rowers' coordination via motion-based stigmergy. *Sensors*, 13(9), 12218-12243.
- Barandiaran, X. E., Di Paolo, E., & Rohde, M. (2009). Defining agency: Individuality, normativity, asymmetry, and spatio-temporality in action. *Adaptive Behavior*, 17(5), 367-386.
- Bardy, B. G., Marin, L., Stoffregen, T. A., & Bootsma, R. J. (1999). Postural coordination modes considered as emergent phenomena. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 25(5), 1284.
- Bardy, B. G., Oullier, O., Bootsma, R. J., & Stoffregen, T. A. (2002). Dynamics of human postural transitions. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 28(3), 499.
- Baron-Cohen, S. (1994a). How to build a baby that can read minds: Cognitive mechanisms in mindreading. *Current Psychology of Cognition*, 13, 513-552.
- Baron-Cohen, S. (1994b). The mindreading system: New directions for research. *Current Psychology of Cognition*, 13, 724-750.
- Bechard, D. J., Nolte, V., Kedgley, A. E., & Jenkyn, T. R. (2009). Total kinetic energy production of body segments is different between racing and training paces in elite Olympic rowers. *Sports Biomechanics*, 8(3), 199-211.
- Beek, P.J. (2009) Ecological approaches to sport psychology: prospects and challenges. *International Journal of Sport Psychology*, 40(1), 144–151.
-

- Benoist, J. (2006). Phénoménologie ou pragmatisme?. *Archives de philosophie*, 69(3), 415-441.
- Bernstein, N. (1967). *The coordination and regulation of movements*. London: Pergamon Press.
- Bitbol, M. (2005, Décembre). *Une science de la conscience équitale : L'actualité de la neurophénoménologie de Francisco Varela*. Communication présentée au Congrès International et Interdisciplinaire "Physique et Conscience", Carré des Sciences, Paris.
- Blickensderfer, E. L., Reynolds, R., Salas, E., & Cannon-Bowers, J. A. (2010). Shared expectations and implicit coordination in tennis doubles teams. *Journal of Applied Sport Psychology*, 22(4), 486-499.
- Bossard, C., Keukelaere, C. D., Cormier, J., Pasco, D., & Kermarrec, G. (2010). L'activité décisionnelle en phase de contre-attaque en Hockey sur glace. *Activités*, 7(7-1).
- Bourbousson, J. (2010). *La coordination interpersonnelle en basketball*. Thèse de doctorat en STAPS non publiée, Université de Nantes, Nantes.
- Bourbousson, J. (2015). *La coordination interpersonnelle en sport : Contribution à une approche enactive des couplages sociaux*. Note de synthèse pour l'obtention de l'Habilitation à Diriger des Recherches, Université de Nantes, Nantes.
- Bourbousson, J., Cogé, G., & R'kiouak, M. (2013). Emergence et causalité descendante dans l'activité collective: Social Network Analysis et « Réticulation de l'articulation des cours d'action ». *Innovations théoriques en STAPS et implications pratiques en EPS: Les sciences du sport en mouvement*, 131.
- Bourbousson, J., Deschamps, T., & Travassos, B. (2014). From players to teams: towards a multi-level approach of game constraints in team sports. *International Journal of Sports Science & Coaching*, 9(6), 1393-1406.
- Bourbousson, J., & Fortes-Bourbousson, M. (2016). How do Co-agents Actively Regulate their Collective Behavior States?. *Frontiers in psychology*, 7.

- Bourbousson, J., R'Kiouak, M., & Eccles, D. W. (2015). The dynamics of team coordination: a social network analysis as a window to shared awareness. *European Journal of Work and Organizational Psychology, 24*(5), 742-760.
- Bourbousson, J., Poizat, G., Saury, J., & Sève, C. (2008). Caractérisation des modes de coordination interpersonnelle au sein d'une équipe de basket-ball. *Activités, 5*(5-1).
- Bourbousson, J., Poizat, G., Saury, J., & Seve, C. (2010). Team coordination in basketball: Description of the cognitive connections among teammates. *Journal of Applied Sport Psychology, 22*(2), 150-166.
- Bourbousson, J., Poizat, G., Saury, J., & Seve, C. (2011a). Description of dynamic shared knowledge: an exploratory study during a competitive team sports interaction. *Ergonomics, 54*(2), 120-138.
- Bourbousson, J., Poizat, G., Saury, J., & Sève, C. (2011b). Cognition collective: partage de préoccupations entre les joueurs d'une équipe de basket-ball au cours d'un match. *Le travail humain, 74*(1), 59-90.
- Bourbousson, J., Sève, C., & McGarry, T. (2010a). Space-time coordination dynamics in basketball: Part 1. Intra-and inter-couplings among player dyads. *Journal of sports sciences, 28*(3), 339-347.
- Bourbousson, J., Sève, C., & McGarry, T. (2010b). Space-time coordination dynamics in basketball: Part 2. The interaction between the two teams. *Journal of Sports Sciences, 28*(3), 349-358.
- Braun, V., & Clarke, V. (2006). Using thematic analysis in psychology. *Qualitative research in psychology, 3*(2), 77-101.
- Buccino, G., Binkofski, F., Fink, G. R., Fadiga, L., Fogassi, L., Gallese, V., Seitz, R. J., Zilles, K., Rizzolatti, G., & Freund, H. J. (2001). Action observation activates premotor and parietal areas in a somatotopic manner: an fMRI study. *European journal of neuroscience, 13*(2), 400-404.

- Cannon-Bowers, J. A., & Bowers, C. (2006). Applying work team results to sports teams: Opportunities and cautions. *International Journal of Sport and Exercise Psychology*, 4(4), 447-462.
- Chein, I., Cook, S. W., & Harding, J. (1948). The field of action research. *American Psychologist*, 3(2), 43-50.
- Christensen, L. R. (2008, November). The logic of practices of stigmergy: representational artifacts in architectural design. In *Proceedings of the 2008 ACM conference on Computer supported cooperative work* (pp. 559-568). ACM.
- Christensen, L. R. (2013). Stigmergy in human practice: Coordination in construction work. *Cognitive Systems Research*, 21, 40-51.
- Clark, A. (1998). Embodied, situated, and distributed cognition. In W. Bechtel & G. Graham (Eds.), *A companion to cognitive science* (pp. 506-517). Malden, MA: Blackwell.
- Clark, A., & Chalmers, D. (1998). The extended mind. *Analysis*, 58(1), 7-19.
- Clot, Y., Faïta, D., Fernandez, G., & Scheller, L. (2001). Entretiens en autoconfrontation croisée: une méthode en clinique de l'activité. *Education permanente*, 146(1), 17-25.
- Coker, J. (2010). *Using a boat instrumentation system to measure and improve elite on-water sculling performance*. Unpublished doctoral thesis, Auckland University of Technology.
- Coker, J., Hume, P., & Nolte, V. (2009). Validity of the Powerline boat instrumentation system. In R., Anderson, D., Harrison, & I., Kenny (Eds.), *27th International conference on biomechanics in sports*, Limerick, Ireland, pp. 65-68.
- Cooke, N. J., & Gorman, J. C. (2009). Interaction-based measures of cognitive systems. *Journal of cognitive engineering and decision making*, 3(1), 27-46.
- Cooke, N. J., Gorman, J. C., Myers, C. W., & Duran, J. L. (2013). Interactive team cognition. *Cognitive science*, 37(2), 255-285.

-
- Cooke N. J., Gorman J. C., & Rowe L. J. (2009). An ecological perspective on team cognition. In Salas E., Goodwin J., Burke C. S. (Eds.), *Team effectiveness in complex organizations: Cross-disciplinary perspectives and approaches* (pp. 157–182). SIOP Organizational Frontiers Series. New York, NY: Taylor & Francis.
- Craig, C., & Watson, G. (2011). An affordance based approach to decision making in sport: discussing a novel methodological framework. *Revista de psicología del deporte*, 20(2), 689-708.
- Craighero, L., Bello, A., Fadiga, L., & Rizzolatti, G. (2002). Hand action preparation influences the responses to hand pictures. *Neuropsychologia*, 40(5), 492-502.
- Davids, K. (2015). Athletes and sports teams as complex adaptive system: A review of implications for learning design. *RICYDE. Revista internacional de ciencias del deporte*, 11(39), 48-61.
- Davids, K., Araujo, D., & Shuttleworth, R. (2005). Applications of dynamical systems theory to football. In J. Cabri, T. Reilly & D. Araujo (Eds.), *Science and football V: Proceedings of the 5th World Congress on Science and Football* (pp. 537-550). London: Routledge.
- De Jaegher, H. (2006). *Social Interaction Rhythm and Participatory Sense-Making: An Embodied, Interactional Approach to Social Understanding, with Some Implications for Autism*. Unpublished doctoral thesis, University of Sussex.
- De Jaegher, H. (2009). Social understanding through direct perception? Yes, by interacting. *Consciousness and cognition*, 18(2), 535-542.
- De Jaegher, H., & Di Paolo, E. (2007). Participatory sense-making. *Phenomenology and the cognitive sciences*, 6(4), 485-507.
- De Jaegher, H., & Di Paolo, E. (2008). Making sense in participation: An enactive approach to social cognition. *Emerging communication*, 10, 33-47.
- De Jaegher, H., Di Paolo, E., & Gallagher, S. (2010). Can social interaction constitute social cognition?. *Trends in cognitive sciences*, 14(10), 441-447.
-

- De Jaegher, H., & Froese, T. (2009). On the role of social interaction in individual agency. *Adaptive Behavior*, 17(5), 444-460.
- Depraz, N., Varela, F., & Vermersch, P. (2003). On becoming aware : a pragmatics of experiencing. *Advances in consciousness research*, n°43, 281. Amsterdam; Philadelphia, PA : J. Benjamins Pub.
- Di Paolo, E. A. (2005). Autopoiesis, adaptivity, teleology, agency. *Phenomenology and the Cognitive Sciences*, 4, 429-452.
- Di Paolo, E. A., Rohde, M. & De Jaegher, H. (2010) Horizons for the enactive mind: Values, social interaction, and play. In J. Stewart, O. Gapenne & E. A. Di Paolo (Eds.), *Enaction: Toward a new paradigm for cognitive science* (pp. 33-87). MIT Press.
- Dipple, A., Raymond, K., & Docherty, M. (2014). General theory of stigmergy: Modelling stigma semantics. *Cognitive Systems Research*, 31, 61-92.
- Duarte, R., Araújo, D., Correia, V., & Davids, K. (2012). Sports teams as superorganisms. *Sports medicine*, 42(8), 633-642.
- Duarte, R., Araújo, D., Correia, V., Davids, K., Marques, P., & Richardson, M. J. (2013). Competing together: Assessing the dynamics of team–team and player–team synchrony in professional association football. *Human Movement Science*, 32(4), 555-566.
- Durand, M., Saury, J., & Sève, C. (2006). Apprentissage et configuration d'activité : Une dynamique ouverte des rapports sujets-environnements. In J.-M. Barbier & M. Durand (Eds.), *Les rapports sujets-activités-environnements* (pp. 61-83). Paris: PUF.
- Eccles, D. (2010). The coordination of labour in sports teams. *International Review of Sport and Exercise Psychology*, 3(2), 154-170.
- Eccles, D. W. (2016) *Team coordination*. Routledge international handbook of sport psychology. Abingdon : Oxon.
- Eccles, D. W., & Johnson, M. B. (2009). Letting the social and cognitive merge: New concepts for an understanding of group functioning in sport. *Applied sport psychology advances: A review*, 281-316.

-
- Eccles, D. W., & Tenenbaum, G. (2004). Why an expert team is more than a team of experts: A social-cognitive conceptualization of team coordination and communication in sport. *Journal of Sport and Exercise Psychology, 26*(4), 542-560.
- Eccles, D. W., & Tenenbaum, G. (2007). A social cognitive perspective on team functioning in sport. *Handbook of sport psychology, 3*, 264-286.
- Eccles, D. W., & Tran, K. B. (2012). Getting them on the same page: Strategies for enhancing coordination and communication in sports teams. *Journal of Sport Psychology in Action, 3*(1), 30-40.
- Eccles, D. W., & Tran Turner, K. (2014). Coordination in sports teams. *Group dynamics in exercise and sport psychology: Contemporary themes, 240-255*.
- Fadiga, L., Fogassi, L., Pavesi, G., & Rizzolatti, G. (1995). Motor facilitation during action observation: a magnetic stimulation study. *Journal of neurophysiology, 73*(6), 2608-2611.
- Fajen, B. R., Riley, M. A., & Turvey, M. T. (2009). Information, affordances, and the control of action in sport. *international Journal of sport psychology, 40*(1), 79-107.
- Feigean, M., R'Kiouak, M., Bootsma, R. J., & Bourbousson, J. (2017). Effects of Intensive Crew Training on Individual and Collective Characteristics of Oar Movement in Rowing as a Coxless Pair. *Frontiers in Psychology, 8*.
- Feigean, M., Seiler, R., & Bourbousson, J. (2017, July). *How do individual team members regulate their behavior to achieve spatiotemporal collective behavior?*. Communication presented at the 22nd annual Congress of the European College of Sport Science, Essen, Germany.
- Fiebich, A., & Gallagher, S. (2013). Joint attention in joint action. *Philosophical Psychology, 26*(4), 571-587.
- Fiore, S. M., & Salas, E. (2004). Why we need team cognition. In E. Salas, & S. M. Fiore (Eds.), *Team cognition: Understanding the factors that drive process and performance* (pp. 235-248). Washington, DC: American Psychological Association.
-

- Froese, T., & Di Paolo, E. A. (2009). Sociality and the life–mind continuity thesis. *Phenomenology and the Cognitive Sciences*, 8(4), 439-463.
- Froese, T., & Di Paolo, E. A. (2010). Modelling social interaction as perceptual crossing: an investigation into the dynamics of the interaction process. *Connection Science*, 22(1), 43-68.
- Froese, T., & Di Paolo, E. A. (2011). The enactive approach: Theoretical sketches from cell to society. *Pragmatics & Cognition*, 19(1), 1-36.
- Froese, T., & Fuchs, T. (2012). The extended body: a case study in the neurophenomenology of social interaction. *Phenomenology and the Cognitive Sciences*, 11(2), 205-235.
- Froese, T., Iizuka, H., & Ikegami, T. (2014a). Embodied social interaction constitutes social cognition in pairs of humans: a minimalist virtual reality experiment. *Scientific reports*, 4 : 3672.
- Froese, T., Iizuka, H., & Ikegami, T. (2014b). Using minimal human-computer interfaces for studying the interactive development of social awareness. *Frontiers in psychology*, 5.
- Froese, T., & Ziemke, T. (2009). Enactive artificial intelligence: Investigating the systemic organization of life and mind. *Artificial Intelligence*, 173(3-4), 466-500.
- Fuchs, A., Jirsa, V. K., Haken, H., & Kelso, J. S. (1996). Extending the HKB model of coordinated movement to oscillators with different eigenfrequencies. *Biological cybernetics*, 74(1), 21-30.
- Gallagher, S. (2001). The practice of mind: Theory, simulation or primary interaction? *Journal of Consciousness Studies*, 8, 83–108.
- Gallagher, S. (2008). Direct perception in the intersubjective context. *Consciousness and Cognition*, 17(2), 535-543.
- Gallagher, S. (2009). Two problems of intersubjectivity. *Journal of Consciousness Studies*, 16(6-1), 289-308.
- Gallese, V., Fadiga, L., Fogassi, L., & Rizzolatti, G. (1996). Action recognition in the premotor cortex. *Brain*, 119(2), 593-609.

-
- Gallese, V., & Goldman, A. (1998). Mirror neurons and the simulation theory of mind-reading. *Trends in cognitive sciences*, 2(12), 493-501.
- Gesbert, V., & Durny, A. (2013). Analyse de l'activité collective en football. Une étude de cas avec les deux défenseurs centraux. *Movement & Sport Sciences*, (1), 63-73.
- Gesbert, V., & Durny, A. (2017). A case study of forms of sharing in a highly interdependent soccer team during competitive interactions. *Journal of Applied Sport Psychology*, 1-18.
- Gesbert, V., Durny, A., & Hauw, D. (2017). How do soccer players adjust their activity in team coordination? An enactive phenomenological analysis. *Frontiers in Psychology*, 8.
- Gibson, J. J. (1979), *The Ecological Approach to Visual Perception*, Boston, MA: Houghton-Mifflin.
- Gipson, C. L., Gorman, J. C., & Hessler, E. E. (2016). Top-down (prior knowledge) and bottom-up (perceptual modality) influences on spontaneous interpersonal synchronization. *Nonlinear dynamics, psychology, and life sciences*, 20(2), 193-222.
- Glazier, P. S. (2015). Towards a grand unified theory of sports performance. *Human movement science*.
- Glazier, P. S. (2017). Towards a grand unified theory of sports performance : A response to the commentaries. *Human movement science*.
- Gorman, J. C., Amazeen, P. G., Crites, M. J., & Gipson, C. L. (2017). Deviations from mirroring in interpersonal multifrequency coordination when visual information is occluded. *Experimental brain research*, 235(4), 1209-1221.
- Gossé, C., Carpentier, C., & Avanzini, G. (2008). La composition d'équipage en aviron. *Les Cahiers de l'entraîneur*, 4, 6-13.
- Grassé, P. P. (1959). La reconstruction du nid et les coordinations interindividuelles chez *Bellicositermes natalensis* et *Cubitermes* sp. la théorie de la stigmergie: Essai d'interprétation du comportement des termites constructeurs. *Insectes sociaux*, 6(1), 41-80.
-

- Grassé, P. P. (1967). Nouvelles expériences sur le termite de Müller (*Macrotermes mülleri*) et considérations sur la théorie de la stigmergie. *Insectes Sociaux*, 14(1), 73-101.
- Gréhaigne, J.F., Caty, D., & Marle, P. (2004). L'apport de la notion de configuration du jeu à la didactique des sports collectifs. In G. Carlier (Ed.), *Si l'on parlait du plaisir d'enseigner l'éducation physique* (pp. 167-179). Montpellier : AFRAPS.
- Gourcuff, C. (2013). Un autre regard sur le football. Union Européenne : Liv-Editions.
- Grosjean, M., & Lacoste, M. (1999). *Communication et intelligence collective dans le travail: étude comparée de trois services hospitaliers*. Paris: Presses Universitaires de France.
- Guastello, S. J. (2017). Nonlinear dynamical systems for theory and research in ergonomics. *Ergonomics*, 60(2), 167-193.
- Gudmundsson, J., & Horton, M. (2016). Spatio-Temporal Analysis of Team Sports-A Survey. *arXiv preprint arXiv:1602.06994*.
- Haken, H., Kelso, J. S., & Bunz, H. (1985). A theoretical model of phase transitions in human hand movements. *Biological cybernetics*, 51(5), 347-356.
- Hayes-Roth, B., & Hayes-Roth, F. (1979). A cognitive model of planning. *Cognitive science*, 3(4), 275-310.
- Hill, H. (2002). Dynamics of coordination within elite rowing crews: evidence from force pattern analysis. *Journal of Sports Sciences*, 20(2), 101-117.
- Hollan, J., Hutchins, E., & Kirsh, D. (2000). Distributed cognition: toward a new foundation for human-computer interaction research. *ACM Transactions on Computer-Human Interaction (TOCHI)*, 7(2), 174-196.
- Holt, K. G., Hamill, J., & Andres, R. O. (1990). The force-driven harmonic oscillator as a model for human locomotion. *Human Movement Science*, 9(1), 55-68.
- Hristovski, R., Davids, K. W., & Araujo, D. (2009). Information for regulating action in sport: metastability and emergence of tactical solutions under ecological constraints. In D. Araujo, R. Duarte & H. Ripoll (Eds.), *Perspectives on cognition and action in sport* (pp. 43-57). Suffolk : Nova Science Publishers, Inc.

- Husserl, E. (1913). *Idées directrices pour une phénoménologie et une philosophie phénoménologique pures. Tome 1 : Introduction générale à la phénoménologie pure.* Trad. Ricoeur, P. Paris : Gallimard.
- Husserl, E. (1928). *The phenomenology of internal time-consciousness.* Trad. Churchill, J.S. Bloomington : Indiana University Press.
- Husserl, E. (1952). *Idées directrices pour une phénoménologie et une philosophie phénoménologique pures. Tome 2 : Recherches phénoménologiques pour la constitution.* Trad. Escoubas, E. Paris : PUF.
- Hutchins, E. (1995a). *Cognition in the Wild.* MIT press.
- Hutchins, E. (1995b). How a cockpit remembers its speeds. *Cognitive science*, 19(3), 265-288.
- James, W. (1890). *The principles of psychology.* Volume I. New York : Henry Holt.
- Järvilehto, T. (2009). The theory of the organism-environment system as a basis of experimental work in psychology. *Ecological Psychology*, 21(2), 112-120.
- Jeannerod, M. (1994). The representing brain: Neural correlates of motor intention and imagery. *Behavioral and Brain sciences*, 17(2), 187-202.
- Kao, J. C., Ringenbach, S. D., & Martin, P. E. (2003). Gait transitions are not dependent on changes in intralimb coordination variability. *Journal of Motor Behavior*, 35(3), 211-214.
- Kelso, J. A. S. (1984). Phase transitions and critical behavior in human bimanual coordination. *American Journal of Physiology-Regulatory, Integrative and Comparative Physiology*, 246(6), R1000-R1004.
- Kelso J. A. S. (1995). *Dynamic patterns: The self-organization of brain and behavior.* Cambridge, MA : MIT Press.
- Kelso, J. A. S. (2002). The complementary nature of coordination dynamics: Self-organization and agency. *Nonlinear Phenomena in Complex Systems*, 5(4), 364-371.

- Kelso, J. A. S. (2016). On the self-organizing origins of agency. *Trends in cognitive sciences*, 20(7), 490-499.
- Kelso, J. S., & Engstrom, D. A. (2006). *The complementary nature*. MIT press.
- Kelso, J. A. S., & Fuchs, A. (2016). The coordination dynamics of mobile conjugate reinforcement. *Biological cybernetics*, 110(1), 41-53.
- Kelso, J. A. S., Holt, K. G., Rubin, P., & Kugler, P. N. (1981). Patterns of human interlimb coordination emerge from the properties of non-linear, limit cycle oscillatory processes: theory and data. *Journal of Motor Behavior*, 13(4), 226-261.
- Kelso, J. A. S., & Schönner, G. (1988). Self-organization of coordinative movement patterns. *Human Movement Science*, 7(1), 27-46.
- Kelso, J. A. S., Southard, D. L., & Goodman, D. (1979). On the nature of human interlimb coordination. *Science*, 203(4384), 1029-1031.
- Knoblich, G., Butterfill, S., & Sebanz, N. (2011). Psychological research on joint action: theory and data. In B. H. Ross (Ed.), *The psychology of learning and motivation* (pp. 59-101). Washington, DC: Academic Press.
- Knoblich, G., & Sebanz, N. (2006). The social nature of perception and action. *Current Directions in Psychological Science*, 15(3), 99-104.
- Knoblich, G., & Sebanz, N. (2008). Evolving intentions for social interaction: from entrainment to joint action. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London B: Biological Sciences*, 363(1499), 2021-2031.
- Kugler, P. N., & Turvey, M. T. (1987). *Information, natural law and the self-assembly of rhythmic movement: Theoretical and experimental investigations*. Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Laroche, J., Berardi, A. M., & Brangier, E. (2014). Embodiment of intersubjective time: relational dynamics as attractors in the temporal coordination of interpersonal behaviors and experiences. *Frontiers in psychology*, 5.

-
- Lave, J. (1988). *Cognition in practice: Mind, mathematics and culture in everyday life*. Cambridge University Press.
- Lippens, V. (1999). The temporal and dynamic synchronization of movement in a coxless oared shell. In P. Blaser (Vol. Ed.), *Sport Kinetics 1997: Theories of motor performance and their reflections in practice*: Vol. 2, (pp. 39–44). Hamburg: Czwalina.
- Lippens, V. (2005). Inside the rower's mind. In (1st ed.). V. Nolte (Ed.). *Rowing faster* (pp. 185–194). Champaign, IL: Human Kinetics.
- Lopez, U., Gautrais, J., Couzin, I. D., & Theraulaz, G. (2012). From behavioural analyses to models of collective motion in fish schools. *Interface focus*, 2(6), 693-707.
- Lund, O., Ravn, S., & Christensen, M. K. (2012). Learning by joining the rhythm: Apprenticeship Learning in Elite Double Sculler Rowing. In *Scandinavian Sport Studies Forum*, 3, 167-188.
- Lutz, A., Lachaux, J. P., Martinerie, J., & Varela, F. J. (2002). Guiding the study of brain dynamics by using first-person data: synchrony patterns correlate with ongoing conscious states during a simple visual task. *Proceedings of the national academy of sciences*, 99(3), 1586-1591.
- Lutz, A., & Thompson, E. (2003). Neurophenomenology integrating subjective experience and brain dynamics in the neuroscience of consciousness. *Journal of consciousness studies*, 10(9-10), 31-52.
- Marin, L., Bardy, B. G., & Bootsma, R. J. (1999). Level of gymnastic skill as an intrinsic constraint on postural coordination. *Journal of sports sciences*, 17(8), 615-626.
- Marsh, L., & Onof, C. (2008). Stigmergic epistemology, stigmergic cognition. *Cognitive Systems Research*, 9(1), 136-149.
- Marsh, K. L., Richardson, M. J., & Schmidt, R. C. (2009). Social connection through joint action and interpersonal coordination. *Topics in Cognitive Science*, 1(2), 320-339.
- Maturana, H. R., & Varela, F. J. (1994). *L'arbre de la connaissance: Racines biologiques de la compréhension humaine*. Paris: Editions Addison-Wesley France.
-

- McGann, M., & De Jaegher, H. (2009). Self–other contingencies: Enacting social perception. *Phenomenology and the Cognitive Sciences*, 8(4), 417-437.
- McGarry, T. (2009). Applied and theoretical perspectives of performance analysis in sport: Scientific issues and challenges. *International Journal of Performance Analysis in Sport*, 9(1), 128-140.
- Merleau-Ponty, M. (1945). *Phénoménologie de la perception*. Paris : Gallimard.
- Millar, S. K. (2014). *Interpersonal and extrapersonal coordination in high- performance rowing*. Unpublished doctoral thesis, Auckland University of Technology.
- Millar, S. K., & Oldham, A. (2016). Optimising repeated interceptive performance using contrasting visual textures in Olympic rowing: A case study. *Sensoria: A Journal of Mind, Brain & Culture*, 12(2), 22-29.
- Millar, S. K., Oldham, A. R., & Renshaw, I. (2013). Interpersonal, intrapersonal, extrapersonal? Qualitatively investigating coordinative couplings between rowers in Olympic sculling. *Nonlinear Dynamics, Psychology and Life Sciences*, 17(3), 425-443.
- Mohammed, S., & Dumville, B. C. (2001). Team mental models in a team knowledge framework: Expanding theory and measurement across disciplinary boundaries. *Journal of organizational Behavior*, 22(2), 89-106.
- Mohammed, S., Klimoski, R., & Rentsch, J. R. (2000). The measurement of team mental models: We have no shared schema. *Organizational Research Methods*, 3(2), 123-165.
- Morin, E. (1990). *Introduction à la pensée complexe*. Paris : ESF Editeur.
- Mottet, D., Guiard, Y., Ferrand, T., & Bootsma, R. J. (2001). Two-handed performance of a rhythmical fitts task by individuals and dyads. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 27(6), 1275.
- Murray, L., et Trevarthen, C. (1985). Emotional regulations of interactions between two-month-olds and their mothers. In Field, T. et Fox, N. A. (Eds.), *Social Perception in Infants*, (pp. 177–197). Norwood, NJ : Ablex Publishing Corporation.

-
- Muthukumaraswamy, S. D., Johnson, B. W., & McNair, N. A. (2004). Mu rhythm modulation during observation of an object-directed grasp. *Cognitive brain research*, 19(2), 195-201.
- Nadel, J., Carchon, I., Kervella, C., Marcelli, D. et Réserbat-Plantey, D. (1999). Expectancies for social contingency in 2-month-olds. *Developmental Science*, 2(2), 164–173.
- Nardi, B.A., (1996). *Context and Consciousness: activity theory and human-computer interaction*. Cambridge: The MIT Press.
- Néda, Z., Ravasz, E., Brechet, Y., Vicsek, T., & Barabási, A. L. (2000). The sound of many hands clapping. *Nature*, 403, 849-850.
- Néda, Z., Ravasz, E., Vicsek, T., Brechet, Y., & Barabási, A. L. (2000). Physics of the rhythmic applause. *Physical Review E*, 61(6), 6987.
- Nessler, J. A., & Gilliland, S. J. (2009). Interpersonal synchronization during side by side treadmill walking is influenced by leg length differential and altered sensory feedback. *Human movement science*, 28(6), 772-785.
- Nessler, J. A., & Gilliland, S. J. (2010). Kinematic analysis of side-by-side stepping with intentional and unintentional synchronization. *Gait & posture*, 31(4), 527-529
- Newell, K. M. (1986). Constraints on the development of coordination. *Motor development in children: Aspects of coordination and control*, 34, 341-360.
- Nolte, V. (2005). *Rowing faster*. Human Kinetic : Champaign, IL.
- Nolte, V. (2011). *Rowing Faster 2nd Edition*. Human Kinetics : Champaign, IL.
- Noubel J.-F. (2004). Intelligence Collective, la Révolution Invisible. Disponible en ligne : http://testconso.typepad.com/Intelligence_Collective_Revolution_Invisible_JFNoubel.pdf.
- Oullier, O., Bardy, B. G., Stoffregen, T. A., & Bootsma, R. J. (2002). Postural coordination in looking and tracking tasks. *Human Movement Science*, 21(2), 147-167.
- Oullier, O., De Guzman, G. C., Jantzen, K. J., Lagarde, J., & Scott Kelso, J. A. (2008). Social coordination dynamics: Measuring human bonding. *Social neuroscience*, 3(2), 178-192.
-

- Oullier, O., & Kelso, J. A. (2009). Social coordination, from the perspective of coordination dynamics. In *Encyclopedia of complexity and systems science* (pp. 8198-8213). Springer New York.
- Parunak, H. V. D. (2005, July). A survey of environments and mechanisms for human-human stigmergy. In *International workshop on environments for multi-agent systems* (pp. 163-186). Springer, Berlin, Heidelberg.
- Passos, P., Araujo, D., Davids, K., Gouveia, L., Milho, J., & Serpa, S. (2008). Information-governing dynamics of attacker–defender interactions in youth rugby union. *Journal of Sports Sciences, 26*, 1421-1429.
- Passos, P., Araujo, D., Davids, K., Milho, J., & Gouveia, L. (2009). Power law distributions in pattern dynamics of attacker-defender dyads in the team sport of rugby union: Phenomena in a region of self-organised criticality. *Emergence, Complexity and Organization, 11*, 37-45.
- Passos, P., Araujo, D., Davids, K., & Shuttleworth, R. (2008). Manipulating constraints to train decision making in rugby union. *International Journal of Sports Science & Coaching, 3*(1), 125-140.
- Passos, P., Davids, K., Araújo, D., Paz, N., Minguéns, J., & Mendes, J. (2011). Networks as a novel tool for studying team ball sports as complex social systems. *Journal of Science and Medicine in Sport, 14*(2), 170-176.
- Peirce, C. S. (1978). *Écrits anticartésiens*. Paris : Aubier.
- Peirce, C. S. (trans. 1984). *Écrits sur le signe*. Paris : Seuil.
- Penelaud, O. (2010). Le paradigme de l'énaction aujourd'hui. *Apports et limites d'une théorie cognitive «révolutionnaire»*. *PLASTIR, 18*, 1-38.
- Peper, C. L. E., & Beek, P. J. (1999). Modeling rhythmic interlimb coordination: The roles of movement amplitude and time delays. *Human Movement Science, 18*(2), 263-280.
- Peper, C. L. E., Beek, P. J., & van Wieringen, P. C. (1995). Frequency-induced phase transitions in bimanual tapping. *Biological cybernetics, 73*(4), 301-309.

- Perna A., Kuntz P., Theraulaz G., Jost C. (2012). From local growth to global optimization in insect built networks. In P. Lio, & D. Verma (Eds.), *Biologically Inspired Networking and Sensing: Algorithms and Architectures* (pp. 132-144). Hershey, PA: Medical Information Science.
- Peschard, I. (2004). *La réalité sans représentation : La théorie énaïve de la cognition et sa légitimité épistémologique*. Thèse non publiée de doctorat de l'Ecole Polytechnique, Paris.
- Petitmengin, C. (2006). L'énaction comme expérience vécue, *Intellectica*, 43, 85-92.
- Petitmengin, C. (2007). Découvrir la dynamique de l'expérience vécue. *Bulletin de Psychologie*, 60, 114-118.
- Petitmengin, C. (2009). The validity of first-person descriptions as authenticity and coherence. *Journal of Consciousness Studies*, 16, 252-284.
- Petitmengin, C., Bitbol, M., Nissou, J.-M., Pachoud, M., Curalluci, H., Cermolace, M. et Vion-Dury, J. (2009) Listening from within, *Journal of Consciousness Studies*, 16 (10–12), 252–285.
- Piaget, J. (1974). *La prise de conscience*. Paris : PUF.
- Poizat, G. (2006). *Analyse en ergonomie cognitive de l'activité collective en tennis de table. Contribution à la connaissance des interactions humaines*. Thèse de doctorat en STAPS non publiée, Université de Rouen, Rouen.
- Poizat, G., Bourbousson, J., Saury, J., & Sève, C. (2009). Analysis of contextual information sharing during table tennis matches: An empirical study on coordination in sports. *International Journal of Sport and Exercise Psychology*, 7, 465-487.
- Poizat, G., Sève, C. & Saury, J. (2013) Qualitative aspects in performance analysis. In T. McGarry, P. O'Donoghue & J. Sampaio (Eds.), *Routledge Handbook of Sports Performance Analysis* (pp. 309–320). Routledge: London, UK.
- Poizat, G., Sève, C., Serres, G., & Saury, J. (2008). Analyse du partage d'informations contextuelles dans deux formes d'interaction sportives: coopérative et concurrentielle. *Le travail humain*, 71(4), 323-357.
-

- Prinz, W. (1997). Perception and action planning. *European journal of cognitive psychology*, 9(2), 129-154.
- Rambusch, J., Susi, T. & Ziemke, T. (2004). Artefacts as mediators of distributed social cognition: A case study. In *Proceedings of the 26th annual meeting of the cognitive science society*. Mahwah: Lawrence Erlbaum.
- Ramos-Villagrasa, P. J., Marques-Quinteiro, P., Navarro, J., & Rico, R. (2017). Teams as Complex Adaptive Systems: Reviewing 17 Years of Research. *Small Group Research*. doi: 10.1177/1046496417713849
- Reed, E. (1996) *Encountering the world: Toward an ecological psychology*. Oxford University Press: Oxford.
- Reimer, T., Park, E. S., & Hinsz, V. B. (2006). Shared and coordinated cognition in competitive and dynamic task environments: An information-processing perspective for team sports. *International Journal of Sport and Exercise Psychology*, 4(4), 376-400.
- Richardson, M. J., Marsh, K. L., Isenhower, R. W., Goodman, J. R., & Schmidt, R. C. (2007). Rocking together: Dynamics of intentional and unintentional interpersonal coordination. *Human movement science*, 26(6), 867-891.
- Richardson, M. J., Marsh, K. L., & Schmidt, R. C. (2005). Effects of visual and verbal interaction on unintentional interpersonal coordination. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 31(1), 62.
- Richardson, M. J., Shockley, K., Fajen, B. R., Riley, N. A., & Turvey, M. Y. (2008). Ecological psychology: Six principles for an embodied-embedded approach to behavior. In P. Calvo, & T. Gomila (Eds.), *Handbook of cognitive science. An embodied approach* (pp. 161-187). Amsterdam: Elsevier.
- Riley, M. A., Santana, M. V., & Turvey, M. T. (2001). Deterministic variability and stability in detuned bimanual rhythmic coordination. *Human Movement Science*, 20(3), 343-369.
- Rizzolatti, G., & Craighero, L. (2004). The mirror-neuron system. *Annual Review of Neuroscience*, 27, 169-192.

-
- Rizzolatti, G., Fadiga, L., Gallese, V. et Fogassi, L. (1996). Premotor cortex and the recognition of motor actions, *Cognitive Brain Research*, 3, pp. 131–41.
- Rizzolatti, G., & Sinigaglia, C. (2008). *Mirrors in the brain: How our minds share actions and emotions*. Oxford University Press, USA.
- R'Kiouak, M., Saury, J., Durand, M., & Bourbousson, J. (2016). Joint action of a pair of rowers in a race: shared experiences of effectiveness are shaped by interpersonal mechanical states. *Frontiers in psychology*, 7.
- R'Kiouak, M., Saury, J., Durand, M., & Bourbousson, J. (*In press*). Joint action in an elite rowing pair crew after intensive team training: The reinforcement of extra-personal processes. *Human Movement Science*.
- Rochat, N., Hauw, D., Philippe, R. A., von Roten, F. C., & Seifert, L. (2017). Comparison of vitality states of finishers and withdrawers in trail running: An enactive and phenomenological perspective. *PloS one*, 12(3), e0173667.
- Rodriguez, E., George, N., Lachaux, J. P., Martinerie, J., Renault, B., & Varela, F. (1999). Perception's shadow: long-distance synchronization in the human brain. *Nature*, 397, 340-343.
- Rovee-Collier, C. K., & Gekoski, M. J. (1979). The economics of infancy: A review of conjugate reinforcement. *Advances in child development and behavior*, 13, 195-255.
- Rovee, C. K., & Rovee, D. T. (1969). Conjugate reinforcement of infant exploratory behavior. *Journal of experimental child psychology*, 8(1), 33-39.
- Ruiz-Mirazo, K. and Moreno, A. 2000. Searching for the roots of autonomy: The natural and artificial paradigms revisited. *Communication and Cognition-Artificial Intelligence*, 17(3-4), 209–228.
- Salas, E., Prince, C., Baker, D. P., & Shrestha, L. (1995). Situation awareness in team performance: Implications for measurement and training. *Human factors*, 37(1), 123-136.
-

- Salmon, P. M., Stanton, N. A., Walker, G. H., Jenkins, D., Baber, C., & McMaster, R. (2008). Representing situation awareness in collaborative systems: A case study in the energy distribution domain. *Ergonomics*, 51(3), 367-384.
- Saury, J. (2001). *Activité collective et décision tactique en voile*. Actes du IXème Congrès International de l'ACAPS. Valence, France.
- Saury, J. (2002). *La dynamique des échanges verbaux dans l'analyse de l'articulation collective des cours d'action. Réflexions à partir de l'étude empirique de l'activité d'équipages de compétition en voile*. Actes des 4ème journées d'étude de l'association Act'ing, Nouan-Le-Fuzellier.
- Saury, J. (2003). L'entretien d'auto-confrontation comme aide à la performance sportive : l'exemple de l'optimisation de la collaboration à bord en voile olympique. In D. Lehénaff & C. Mathieu (Eds.), *Expertise et sport de haut niveau. Les Cahiers de l'INSEP n° 34* (pp. 87-91). INSEP, Paris.
- Saury, J. (2008). Transitions entre formes coopératives et concurrentielles de l'activité collective dans la prise de décision tactique au sein d'équipages experts en voile. In J.M. Hoc & Y. Corson (Eds.), *Actes du Congrès 2007 de la Société Française de Psychologie* (pp. 177-185).
- Saury, J., Nordez, A., & Sève, C. (2010). Coordination interindividuelle et performance en aviron. Apports d'une analyse conjointe du cours d'expérience des rameurs et de paramètres mécaniques. *Activités*, 7(7-1).
- Saury, J., & Testevuide, S. (2004). L'activité collective comme articulation dynamique de cours d'action. L'exemple de la collaboration tactique au sein d'équipages experts en voile. In M. Loquet et Y. Léziart (Eds.), *Cultures sportives et artistiques. Formalisation des savoirs professionnels : pratiques, formations, recherches* (pp. 77-81). Rennes : PUR.
- Schaffert, N., Gehret, R., & Mattes, K. (2012). Modeling the rowing stroke cycle acoustically. *Journal of the Audio Engineering Society*, 60(7/8), 551-560.

-
- Schaffert, N., & Mattes, K. (2012). Acoustic feedback training in adaptive rowing. In: *Proceedings of the 18th International Conference on Auditory Display (ICAD 2012)*. Atlanta, GA, USA, pp. 83–88.
- Schmidt, R. C., Bienvenu, M., Fitzpatrick, P. A., & Amazeen, P. G. (1998). A comparison of intra-and interpersonal interlimb coordination: Coordination breakdowns and coupling strength. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 24(3), 884.
- Schmidt, R. C., Carello, C. et Turvey, M. T. (1990). Phase transitions and critical fluctuations in the visual coordination of rhythmic movements between people. *Journal of Experimental Psychology : Human Perception and Performance*, 16, 227-247.
- Schmidt, R. C., Fitzpatrick, P., Caron, R., & Mergeche, J. (2011). Understanding social motor coordination. *Human movement science*, 30(5), 834-845.
- Schmidt, R. C., & O'Brien, B. (1997). Evaluating the dynamics of unintended interpersonal coordination. *Ecological Psychology*, 9(3), 189-206.
- Schmidt, R. C., & Richardson, M. J. (2008). Dynamics of interpersonal coordination. In A. Fuchs & V. K. Jirsa (Eds.), *Coordination: Neural, behavioral and social dynamics* (pp. 281–307). Berlin: Springer-Verlag.
- Schmidt, R. C., Shaw, B. K., & Turvey, M. T. (1993). Coupling dynamics in interlimb coordination. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 19(2), 397-415.
- Schmidt, R. C., & Turvey, M. T. (1994). Phase-entrainment dynamics of visually coupled rhythmic movements. *Biological cybernetics*, 70(4), 369-376.
- Schmitz, L., Vesper, C., Sebanz, N., & Knoblich, G. (2017). Co-representation of others' task constraints in joint action. *Journal of experimental psychology. Human perception and performance*, 43(8), 1480.
- Scholz, J. P., Kelso, J. A. S., & Schöner, G. (1987). Nonequilibrium phase transitions in coordinated biological motion: critical slowing down and switching time. *Physics Letters A*, 123(8), 390-394.
-

- Schön, D. A. (1983). *The reflective practitioner: how professionals think in action*. New York: Basic books.
- Schön, D. A. (1994). *Le praticien réflexif: A la recherche du savoir caché dans l'agir professionnel*. Montréal : Les Editions Logiques.
- Schöner, G., Haken, H., & Kelso, J. A. S. (1986). A stochastic theory of phase transitions in human hand movement. *Biological cybernetics*, 53(4), 247-257.
- Sebanz, N., Bekkering, H., & Knoblich, G. (2006). Joint action: bodies and minds moving together. *Trends in cognitive sciences*, 10(2), 70-76.
- Sebanz, N., & Knoblich, G. (2009). Prediction in joint action: What, when, and where. *Topics in Cognitive Science*, 1(2), 353-367.
- Sebanz, N., Knoblich, G., & Prinz, W. (2003). Representing others' actions: just like one's own?. *Cognition*, 88(3), B11-B21.
- Seifert, L., Adé, D., Saury, J., Bourbousson, J. & Thouwarecq R. (2016). Mix of phenomenological and behavioural data to explore interpersonal coordination in outdoors activities: Examples in rowing and orienteering. In P., Passos, K., Davids, and J.Y., Chow (Eds.). *Interpersonal Coordination and Performance in Social Systems* (pp. 109-125). London: Routledge.
- Seifert, L., Lardy, J., Bourbousson, J., Adé, D., Nordez, A., Thouwarecq, R., & Saury, J. (2017). Interpersonal coordination and individual organization combined with shared phenomenological experience in rowing performance: two case studies. *Frontiers in psychology*, 8.
- Sève, C., Nordez, A., Poizat, G., & Saury, J. (2013). Performance analysis in sport: Contributions from a joint analysis of athletes' experience and biomechanical indicators. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*, 23(5), 576-584.
- Sève, C., Poizat, G., Saury, J., & Durand, M. (2006). Un programme de recherche articulant analyse de l'activité en situation et conception d'aides à la performance: un exemple en entraînement sportif de haut niveau. *Activités*, 3(3-2).

- Sève, C., & Saury, J. (2010). « Un programme de recherche en STAPS fondé sur la théorie du cours d'action », *Ejrieps*, 19, 5-25.
- Shannon, C. E., & Weaver, W. (1998). *The mathematical theory of communication*. University of Illinois press.
- Shockley, K., Santana, M. V., & Fowler, C. A. (2003). Mutual interpersonal postural constraints are involved in cooperative conversation. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 29(2), 326.
- Silva, P., Garganta, J., Araújo, D., Davids, K., & Aguiar, P. (2013). Shared knowledge or shared affordances? Insights from an ecological dynamics approach to team coordination in sports. *Sports Medicine*, 43(9), 765-772.
- Sommerville, J. A., & Decety, J. (2006). Weaving the fabric of social interaction: Articulating developmental psychology and cognitive neuroscience in the domain of motor cognition. *Psychonomic Bulletin & Review*, 13(2), 179-200.
- Stewart, J., Stewart, J. R., Gapenne, O., & Di Paolo, E. A. (Eds.). (2010). *Enaction: Toward a new paradigm for cognitive science*. MIT Press.
- Strogatz, S., (2003). *Sync: the emerging science of spontaneous order*. New York : Hyperion.
- Susi, T. (2005). In search of the Holy Grail: Understanding artefact mediation in social interactions. In B.G. Bara, L. Barsalou & M. Bucciarelli (Eds.), *Proceedings of the 27th Annual Conference of the Cognitive Science Society* (pp. 2110-2115). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum.
- Susi, T. (2006). The puzzle of social activity – The significance of tools in cognition and cooperation. Unpublished doctoral thesis. University of Linköping, Sweden.
- Susi, T. (2016). Social cognition, artefacts, and stigmergy revisited: Concepts of coordination. *Cognitive Systems Research*, 38, 41-49.
- Susi, T., & Ziemke, T. (2001). Social cognition, artefacts, and stigmergy: A comparative analysis of theoretical frameworks for the understanding of artefact-mediated collaborative activity. *Cognitive Systems Research*, 2(4), 273-290.

- Theraulaz, G. (2014). Embracing the creativity of stigmergy in social insects. *Architectural Design* 84, 54–59.
- Theraulaz, G., & Bonabeau, E. (1999). A brief history of stigmergy. *Artificial life*, 5(2), 97-116.
- Theraulaz, G., Perna, A., & Kuntz, P. (2012). L'art de la construction chez les insectes sociaux. *Pour la science*, (420), 28-35.
- Theureau, J. (1992). *Le cours d'action : analyse sémio-logique. Essai d'anthropologie cognitive située*. Berne : Peter Lang.
- Theureau, J. (2004). *Le cours d'action : méthode élémentaire*. Toulouse : Octarès.
- Theureau, J. (2006). *Le cours d'action : méthode développée*. Toulouse : Octarès.
- Theureau, J. (2009). *Le cours d'action : méthode réfléchie*. Toulouse : Octarès.
- Thompson, E., & Varela, F. J. (2001). Radical embodiment: neural dynamics and consciousness. *Trends in cognitive sciences*, 5(10), 418-425.
- Tognoli, E., Lagarde, J., DeGuzman, G. C., & Kelso, J. S. (2007). The phi complex as a neuromarker of human social coordination. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 104(19), 8190-8195.
- Torrance, S., & Froese, T. (2011). An inter-enactive approach to agency: participatory sense-making, dynamics, and sociality. *Humana. Mente*, 15, 21-53.
- Travassos, B., Araujo, D., Vilar, L., & McGarry, T. (2011). Interpersonal coordination and ball dynamics in futsal (indoor football). *Human Movement Science*, 30(6), 1245-1259.
- Uitdewilligen S., Waller M. J., & Zijlstra F. R. H. (2010). Team cognition and adaptability in dynamic settings: A review of pertinent work. In G. P. Hodgkinson, & J. K. Ford (Eds.), *International review of industrial and organizational psychology* (pp. 293-353). Chichester, UK: Wiley.
- Uitdewilligen, S., Waller, M. J., & Pitariu, A. H. (2013). Mental model updating and team adaptation. *Small Group Research*, 44(2), 127-158.

- Van der Wel, R. P., Sebanz, N., & Knoblich, G. (2012). The sense of agency during skill learning in individuals and dyads. *Consciousness and cognition*, 21(3), 1267-1279.
- Varela, F. (1989). *Les sciences cognitives, tendances et perspectives*. Paris: Seuil.
- Varela, F. J., Thompson, E., & Rosch, E. (1993). *L'inscription corporelle de l'esprit: Sciences cognitives et expérience humaine*. Paris : Seuil.
- Varlet, M., & Richardson, M. J. (2015). What would be Usain Bolt's 100-meter sprint world record without Tyson Gay? Unintentional interpersonal synchronization between the two sprinters. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 41(1), 36.
- Vermersch, P. (1994). *L'entretien d'explicitation*. Paris : ESF.
- Vermersch, P. (2010). Les points de vue en première, seconde et troisième personne dans les trois étapes d'une recherche: conception, réalisation, analyse. *Expliciter (Journal de l'association GREX Groupe de Recherche sur l'Explicitation)*, 85, 19-32.
- Vesper, C., Butterfill, S., Knoblich, G., & Sebanz, N. (2010). A minimal architecture for joint action. *Neural Networks*, 23(8), 998-1003.
- Vilar, L., Araujo, D., Davids, K., & Button, C. (2012). The role of ecological dynamics in analysing performance in team sports. *Sports Medicine*, 42(1), 1-10.
- van Ulzen, N. R., Lamoth, C. J., Daffertshofer, A., Semin, G. R., & Beek, P. J. (2008). Characteristics of instructed and uninstructed interpersonal coordination while walking side-by-side. *Neuroscience letters*, 432(2), 88-93.
- van Ulzen, N. R., Lamoth, C. J., Daffertshofer, A., Semin, G. R., & Beek, P. J. (2010). Stability and variability of acoustically specified coordination patterns while walking side-by-side on a treadmill: Does the seagull effect hold?. *Neuroscience letters*, 474(2), 79-83.
- Varela, F. (1989a). *Invitation aux sciences cognitives*. Paris : Seuil.
- Varela, F. J. (1989b). *Autonomie et connaissance. Essai sur le vivant*. Paris : Seuil.

- Varela, F., Thomson, E. & Rosch, E. (1993). *L'inscription corporelle de l'esprit : sciences cognitives et expériences humaines*. Paris : Seuil
- Varoqui, D., Froger, J., Lagarde, J., Péliissier, J. Y., & Bardy, B. G. (2010). Changes in preferred postural patterns following stroke during intentional ankle/hip coordination. *Gait & posture*, 32(1), 34-38.
- Vilar, L., Araujo, D., Davids, K., Travassos, B., Duarte, R., & Parreira, J. (2014). Interpersonal coordination tendencies supporting the creation/prevention of goal scoring opportunities in futsal. *European Journal of Sport Science*, 14(1), 28-35.
- Von Glaserfeld, E. (1984). An introduction to radical constructivism. In P. Watzlawick (Ed.), *The Invented Reality*. New York : Norton.
- Von Uexküll, J. (1965). *Mondes animaux et mondes humains*. Paris : Gonthier.
- Ward, P., & Eccles, D. W. (2006). A commentary on “team cognition and expert teams: Emerging insights into performance for exceptional teams”. *International Journal of Sport and Exercise Psychology*, 4(4), 463-483.
- Whitehead, J., & McNiff, J. (2006). *Action research: Living theory*. Sage.
- Withagen, R., Araujo, D., & de Poel, H. J. (2017). Inviting affordances and agency. *New Ideas in Psychology*, 45, 11-18.
- Withagen, R., de Poel, H. J., Araujo, D., & Pepping, G. J. (2012). Affordances can invite behavior: Reconsidering the relationship between affordances and agency. *New Ideas in Psychology*, 30(2), 250-258.
- Wittenbaum, G. M., Stasser, G., & Merry, C. J. (1996). Tacit coordination in anticipation of small group task completion. *Journal of Experimental Social Psychology*, 32(2), 129-152.

LISTE DES FIGURES

- Figure 1.** Représentation graphique de deux cas illustratifs du partage dans une équipe composée de cinq individus (à partir de Bourbousson & Sève, 2010). 58
- Figure 2.** Schéma d'un système multi-agent. Il est possible que lorsque deux agents adaptatifs qui partagent un environnement commencent à s'engager dans un couplage sensori-moteur mutuel, leurs activités deviennent entrelacées de telle sorte que leur interaction mutuelle se traduit par un processus d'interaction qui se caractérise lui-même par une organisation autonome, i.e., une structure émergente à part entière. Les flèches pleines représentent le couplage et les flèches pointillées la régulation active (i.e., « l'agency »). 67
- Figure 3.** Dispositif utilisé par Auvray et al. (2009). L'environnement virtuel en une dimension est représenté en haut, le dispositif technique ainsi que l'opérationnalisation des croisements perceptifs en bas..... 68
- Figure 4.** A- photo d'un équipage de deux de pointe sans barreur ; B- photo d'un équipage de quatre de couple. 73
- Figure 5.** a) Illustration d'un couplage structurel de premier ordre entre une unité autopoïétique et son environnement, b) Illustration d'un couplage structurel de second ordre entre une unité autopoïétique ayant un système nerveux et son système nerveux, et c) Illustration d'un couplage structurel de troisième ordre entre deux unités autopoïétiques ayant un système nerveux. 83
- Figure 6.** Exemple de plan obtenu à l'aide du dispositif d'enregistrement de l'activité des rameurs au cours de leur course. 100
- Figure 7.** Exemple de plan obtenu lors de l'enregistrement de l'autoconfrontation d'un rameur..... 103
- Figure 8.** a) Photo d'une dame de nage instrumentée du système Powerline. En bleu, le sens de la force appliquée sur la dame de nage. En vert, l'angle mesuré entre le pivot et le corps du capteur, b) Photo du capteur de mouvement du bateau (en haut à gauche de la photo) et de la turbine qui est fixée sous la coque (en bas à droite de la photo) et c) Photo de l'enregistreur et de l'interface numérique. 111
- Figure 9.** Vue du dessus d'un « deux de pointe sans barreur ». Le système de mesure embarqué utilisé (Powerline, Peach Innovation) a permis, pour chaque rameur, de mesurer les composantes suivant l'axe x (dans la direction d'avancement du bateau) de

la force appliquée par le rameur sur la dame de nage, de l'accélération et de la vitesse du bateau, ainsi que l'angle formé par l'aviron par rapport à l'axe y (perpendiculaire à l'avancement du bateau).....	113
Figure 10. Schéma d'un couplage acteur/acteur. Ce couplage n'est possible que lorsque deux acteurs, qui partagent un environnement commun, commencent à s'engager dans un couplage mutuel, leurs activités deviennent entrelacées signant un processus d'interaction sociale.....	139
Figure 11. Schéma d'une coordination extra-personnelle. Ce mode de coordination n'est possible que lorsque deux acteurs partagent un environnement matériel sensible et commun aux deux acteurs.	143
Figure 12. Continuum des différents degrés de participatory sense-making.	144
Figure 13. Schémas de couplages structurels de troisième ordre. a) Couplage de troisième ordre Varélien de type interpersonnel. b) Couplage de troisième ordre de type extra-personnel.	155
Figure 14. Schématisation de l'évolution de l'expertise chez les équipages en aviron sur la base de nos études de cas.	159

Publications et communication associées à la thèse

Publications dans des revues scientifiques internationales à comité de lecture :

Acceptées

R'Kiouak, M., Saury, J., Durand, M., & Bourbousson, J. (2016). Joint action of a pair of rowers in a race: shared experiences of effectiveness are shaped by interpersonal mechanical states. *Frontiers in psychology*, 7:720.

R'Kiouak, M., Saury, J., Durand, M., & Bourbousson, J. (*In press*). Joint action in an elite rowing pair crew after intensive team training: The reinforcement of extra-personal processes. *Human Movement Science*.

En révision ou en cours de préparation

R'Kiouak, M., Gorman, J. C., Feigean, M., Saury, J., & Bourbousson, J. (Soumis). Team synergies in rowing: How active co-regulation of a coxless pair crew changed under the effect of different cadences. *Psychology of Sport and Exercise*.

Communications dans des congrès internationaux :

R'Kiouak M., Saury J., Durand, M., & Bourbousson J. (2015, Octobre). *Interpersonal coordination learning in rowing: Joint mobilization of mechanical and phenomenological data analyses*. 16^{ème} Congrès de l'Association des Chercheurs en Activités Physiques et Sportives.

R'Kiouak, M., Gorman, J. C., Saury, J., & Bourbousson, J. (2017, July). *Team synergies in rowing: How reciprocal compensation changed under the effect of varying cadences*. Communication presented at the 22nd annual Congress of the European College of Sport Science, Essen, Germany.

Communication dans des congrès nationaux :

R'Kiouak, M., Gorman, J., Saury, J., & Bourbousson J. (2016, Octobre). *Effets de la cadence sur la coordination interpersonnelle en aviron : la théorie des systèmes dynamiques comme outil d'analyse d'un deux de pointe sans barreur féminin*. 6^{ème} Colloque SRPDL, Le Mans, France.

Communication dans des journées d'études

R'Kiouak, M., Saury, J., Durand, M., & Bourbousson, J. (2015, Juin). *Coordination interpersonnelle et apprentissage en aviron*. Communication orale présentée aux journées scientifiques de l'université de Nantes « Impact des nouvelles technologies sur l'analyse et l'optimisation de la performance sportive », Nantes, France.

Publications et communication annexes à la thèse

Publications dans des revues scientifiques internationales à comité de lecture :

Acceptées

Bourbousson, J., **R'Kiouak, M.,** & Eccles, D.W. (2015). The Dynamics of Team Coordination: A Social Network Analysis as a Window to Shared Awareness. *European Journal of Work and Organizational Psychology*.

Feigean M., **R'Kiouak M.,** Bootsma R. J., & Bourbsousson J. (2017). Effects of Intensive Crew Training on Individual and Collective Characteristics of Oar Movement in Rowing as a Coxless Pair. *Frontiers in Psychology*, 8:1139.

En révision ou en cours de préparation

Bourbousson, J., **R'Kiouak, M.,** Adé, D., Lardy, Seifert, L., Nordez, A., & Saury, J. (En préparation). The role of verbal communication in real-time interpersonal coordination: The case of an expert rowing crew.

Feigean, M., **R'Kiouak, M.,** Seiler, R. & Bourbousson, J. (Soumis). How do team members actively regulate their collective behaviour states: An exploratory study of informational resources supporting soccer players' activities. *Journal of Sport and Exercise Psychology*.

R'Kiouak, M., & Bourbousson, J. (En préparation). Modélisation de la « coordination cognitive » à partir de la Social Network Analysis.

R'Kiouak, M., Gorman, J., Saury, J., & Bourbousson, J. (en préparation). The psychological side of team performance is made of « activities » rather than « factors ».

Communication dans des congrès internationaux :

Bourbousson J., R'Kiouak M., Adé D., Lardy J., Seifert L., Thouvarecq R., Nordez A., & Saury J. (2015, Octobre). *Combining first- and third-person data: The study of real-time interpersonal coordination in an expert rowing crew*. 16^{ème} Congrès de l'Association des Chercheurs en Activités Physiques et Sportives.

Poster dans des congrès internationaux :

Feigean M., R'Kiouak M., Bootsma R. J., & Bourbousson J. (2017). *How do Rowers Regulate their Individual Behaviour to Create Collective Behavioural States?*. Poster presentation at the SGS 9th Congress, 9-10 February 2017, ETH Zürich, Switzerland.

Thèse de Doctorat

Mehdi R'KIOUAK

« **Ramer ensemble** » en aviron : entre régulation inter- et extra-personnelle
Contribution à une approche enactive des couplages sociaux

"**Rowing together**": between inter- and extra-personal regulation in rowing
Contribution to an enactive approach of social couplings

Résumé

En s'inscrivant dans une approche éactive et interdisciplinaire de la coordination interpersonnelle (Bourbousson, 2015), cette thèse visait à mieux comprendre la manière dont des rameurs expérimentés en aviron (co-)régulaient leur activité collective en temps réel en relation avec leur bateau. Trois études de cas sur des équipages en deux de pointe sans barreur composent cette thèse.

L'Étude 1 pointe que (a) les deux rameurs faisaient rarement simultanément l'expérience de leur action conjointe, (b) certains coups de rame étaient cependant simultanément vécus comme efficaces ou non-efficaces, et (c) les rameurs régulaient activement leur activité collective en s'ajustant mutuellement aux comportements de leur partenaire (i.e., (co-)régulation interpersonnelle).

L'Étude 2 montre qu'à l'issue du programme d'entraînement (a) la proportion du nombre d'expériences simultanément vécues par les rameurs relatives à leur action conjointe avait significativement augmentée, et (b) les rameurs régulaient activement leur activité collective en s'ajustant aux variations dynamiques de leur environnement matériel commun, le bateau (i.e., (co-)régulation extra-personnelle).

L'Étude 3 pointe que les rameurs modifiaient la nature de leurs ajustements mutuels en relation avec différentes contraintes de cadence imposées. En outre, les adaptations comportementales des rameurs ont suggéré l'existence d'une propriété de « dégénérescence » (Araujo & Davids, 2016) dans le système social que constituent les rameurs. Enfin, les expériences vécues rapportées par les rameurs étaient concomitantes des moments saillants d'ajustements mutuels suggérant des formes de « participatory sense-making » dans les instants de co-régulation (Di Paolo & De Jaegher, 2010).

Mots clés :

Coordination extra-personnelle, (Co-)régulation active, Méthodologie interdisciplinaire, Stigmergie, Coordination interpersonnelle, Ajustements mutuels, Approche éactive

Abstract

By adopting an enactive and interdisciplinary approach to interpersonal coordination (Bourbousson, 2015, De Jaegher & Di Paolo, 2007), this thesis aimed to better understand the way in which experienced rowers in rowing (co-)regulated their collective activity in time in relation to the boat. Three case studies of coxless-pair crews composed this thesis.

Study 1 points out that (a) the two rowers rarely experienced simultaneous joint action at the same time, (b) there were simultaneously experienced oar strokes as effective or detrimental, and (c) suggested that rowers actively regulated their collective activity by adjusting to each other's behaviors (i.e., interpersonal (co-)regulation).

Study 2 shows that at the end of the training program (a), the proportion of the number of experiences simultaneously lived by the rowers relative to their mutual coordination significantly increased, and (b) suggested that rowers actively regulated their collective activity by adjusting to boat behavior (i.e., extra-personal (co-)regulation).

Study 3 points out that the rowers modified the nature of their mutual adjustments in relation to different imposed cadence constraints. In addition, behavioral adaptations of rowers suggested the existence of a "degeneration" property (Araujo & Davids, 2016) in the social system constituted by the rowers. Finally, the lived experiences reported by the rowers were concomitant with the salient moments of mutual adjustment, as observed in the behavioral data, suggesting participatory sense-making forms in the moments of co-regulation (Di Paolo & De Jaegher, 2010).

Key Words:

Extra-personal coordination, Active (co-)regulation, Interdisciplinary methodology, Stigmergy, Interpersonal coordination, Mutual adjustments, Enactive approach

Thèse de Doctorat

Mehdi R'KIOUAK

*Mémoire présenté en vue de l'obtention du
grade de Docteur de l'Université de Nantes
sous le sceau de l'Université Bretagne Loire*

École doctorale : ED 504 « Cognition, Éducation, Interactions »

Discipline : Sciences et Techniques des Activités Physiques et Sportives, 74^{ème} section

Spécialité : Science du Mouvement Humain / Psychologie du Sport

Unité de recherche : Laboratoire « Motricité, Interactions, Performance » (EA4334)

UFR STAPS – Université de Nantes

25 bis, boulevard Guy Mollet, BP 72206

44322 Nantes cedex 3

Soutenu le Jeudi 7 Décembre 2017

« RAMER ENSEMBLE » EN AVIRON : ENTRE RÉGULATION INTER- ET EXTRA-PERSONNELLE

CONTRIBUTION À UNE APPROCHE ÉNACTIVE DES COUPLAGES SOCIAUX

TOME 2 : TRAVAUX EMPIRIQUES

JURY

Président du jury	Reinoud J. BOOTSMA , Professeur des Universités, Université Aix-Marseille
Rapporteurs :	Ludovic SEIFERT , Professeur des Universités, Université de Rouen Géraldine RIX-LIÈVRE , Professeur des Universités, Université Clermont-Ferrand
Examineurs :	Reinoud J. BOOTSMA , Professeur des Universités, Université Aix-Marseille Déborah NOURRIT , Maître de Conférences, Université de Montpellier
Directeur de Thèse :	Jérôme BOURBOUSSON , Maître de Conférences-HDR, Université de Nantes
Co-directeurs de Thèse :	Jacques SAURY , Professeur des Universités, Université de Nantes Marc DURAND , Professeur Ordinaire, Université de Genève

Première partie : Caractériser la nature des ancrages informationnels.....4

Étude 1 : Joint action of a pair of rowers in a race: shared experiences of effectiveness are shaped by interpersonal mechanical states..... 6

Deuxième partie : La transformation des ancrages informationnels sous l'effet de contraintes externes..... 24

Étude 2: Joint action in an elite rowing pair crew after intensive team training: The reinforcement of extra-personal processes 26

Étude 3: Team synergies in rowing: How active co-regulation of a coxless pair crew changed under the effect of different cadences..... 38

PREMIÈRE PARTIE

CARACTÉRISER LA NATURE DES

ANCRAGES INFORMATIONNELS

ÉTUDE 1

JOINT ACTION OF A PAIR OF ROWERS IN A RACE: SHARED
EXPERIENCES OF EFFECTIVENESS ARE SHAPED BY
INTERPERSONAL MECHANICAL STATES

R'Kiouak, M., Saury, J., Durand, M. & Bourbousson, J.

*Publié le 18 mai 2016, dans *Frontiers in Psychology* 7(720), 1-17.*



Joint Action of a Pair of Rowers in a Race: Shared Experiences of Effectiveness Are Shaped by Interpersonal Mechanical States

Mehdi R'Kiouak^{1*}, Jacques Saury¹, Marc Durand² and Jérôme Bourbousson¹

¹ "Movement, Interactions, Performance" Laboratory (EA4334), University of Nantes, Nantes, France, ² University of Geneva, Geneva, Switzerland

OPEN ACCESS

Edited by:

Duarte Araújo,
University of Lisbon, Portugal

Reviewed by:

Tom Froese,
Universidad Nacional Autónoma
de México, Mexico
Dominic Orth,
University of Rouen, France

*Correspondence:

Mehdi R'Kiouak
mehdi.rkiouak@gmail.com

Specialty section:

This article was submitted to
Movement Science and Sport
Psychology,
a section of the journal
Frontiers in Psychology

Received: 12 December 2015

Accepted: 28 April 2016

Published: 18 May 2016

Citation:

R'Kiouak M, Saury J, Durand M
and Bourbousson J (2016) Joint
Action of a Pair of Rowers in a Race:
Shared Experiences of Effectiveness
Are Shaped by Interpersonal
Mechanical States.
Front. Psychol. 7:720.
doi: 10.3389/fpsyg.2016.00720

The purpose of this study was to understand how a single pair of expert individual rowers experienced their crew functioning in natural conditions when asked to practice a joint movement for the first time. To fulfill this objective, we conducted a field study of interpersonal coordination that combined phenomenological and mechanical data from a coxless pair activity, to analyze the dynamics of the (inter)subjective experience compared with the dynamics of the team coordination. Using an enactivist approach to social couplings, these heterogeneous data were combined to explore the salience (and accuracy) of individuals' shared experiences of their joint action. First, we determined how each rower experienced the continuous crew functioning states (e.g., feelings of the boat's glide). Second, the phenomenological data helped us to build several categories of oar strokes (i.e., cycles), experienced by the rowers as either detrimentally or effectively performed strokes. Third, the mechanical signatures that correlated with each phenomenological category were tracked at various level of organization (i.e., individual-, interpersonal-, and boat-levels). The results indicated that (a) the two rowers did not pay attention to their joint action during most of the cycles, (b) some cycles were simultaneously lived as a salient, meaningful experience of either a detrimental ($n = 15$ cycles) or an effective ($n = 18$ cycles) joint action, and (c) the mechanical signatures diverged across the delineated phenomenological categories, suggesting that the way in which the cycles were experienced emerged from the variance in some mechanical parameters (i.e., differences in peak force level and mean force). Notably, the mechanical measures that helped to explain differences within the phenomenological categories were found at the interpersonal level of analysis, thus suggesting an intentional interpersonal mode of regulation of their joint action. This result is further challenged and discussed in light of extra-personal regulation processes that might concurrently explain why participants did not make an extensive salient experience of their joint action. We conclude that attempts to combine phenomenological and mechanical data should be pursued to continue the research on how individuals regulate the effectiveness of their joint actions' dynamics.

Keywords: mixed method, enaction, interpersonal coordination, extrapersonal coordination, rowing, course of action, subjectivity-based sampling method

INTRODUCTION

Joint action is a ubiquitous phenomenon underlying most daily activities, especially when interpersonal sensorimotor coupling is involved. Joint action has been abundantly investigated in human movement science using kinematics descriptions (Schmidt and O'Brien, 1997; Romero et al., 2012), and to a lesser extent by describing the embodied perceptive (and/or subjective) activities implied in its active regulation (Laroche et al., 2014). In the mainstream research on joint action, most studies that have involved the participants' lived (i.e., subjective) experience of ongoing team coordination have been controlled by the experimental instructions given to the participants.

The first part of this stream of research has considered the role of the participant's lived concerns by focusing on the intentional features (i.e., the participant's explicit experience of regulating his behavior) underlying the regulatory mechanisms. Typically, pairs of participants were asked to coordinate their oscillating legs (alternately in phase and anti-phase patterns) and to actively/explicitly regulate the coordination so that the emergent states of synchrony/asynchrony perceived on the fly would remain stable overtime (Schmidt et al., 1990). This study has been compared to a companion one in which participants instead were asked to remain aware of their lived experience of comfort and to regulate their behavior accordingly. The comparison of both types of awareness showed that the degree of active perceptive regulation was a critical process that controlled the fluctuations and phase transitions within the emerging team coordination states. Such observations particularly illustrate how a change in the subjective regulation of the participants (i.e., being more or less active or/and explicit to them) might shape the biomechanical signatures of the ongoing joint action.

The second part of the research has focused on the unperceived aspects underpinning the dynamics of team coordination, which form the behavioral facet of the coordination that is meaningless to the participants. To illustrate, Schmidt and O'Brien (1997) asked participants, placed in pairs, to avoid synchronous oscillations while swinging a pendulum with their arms. They observed that the participants were able to prevent this coordination from occurring only in the absence of informational exchanges (i.e., not mutually visible). Otherwise, and despite the instruction of avoiding synchronization, a tendency to phase-lock emerged when the participants were informationally coupled (i.e., they were able to perceive each other's moves). Such study highlights how implicit features (i.e., an absence of awareness of the emerging team coordination states) shape the action and perception loop underlying joint action. In doing so, this study questions both the way in which actors might be aware of their ongoing interaction, and the way in which explicit/meaningful regulation is shaped by processes similar to unintentional/unperceived coordination.

While some researchers call for investigating the lived experience of the actors as an important part of the joint action process itself (De Jaegher and Di Paolo, 2007), very few studies have considered the awareness and the sense-making activity of the actors as a valuable topic for research (Gallagher, 2009; De Jaegher et al., 2010; Froese and Di Paolo, 2010). Yet, empirical

evidence has shown that with increasing expertise, actors are more likely to use lived experience to actively regulate the dynamics of the joint action (Schiavio and Høffding, 2015). In this light, thanks to their study of team rowing coordination in a natural setting, Lund et al. (2012) suggested that participants learned to coordinate by gradually and systematically adjusting their shared experiences over time. As claimed by Heath et al. (2002), such an active regulation by actors in organizational settings is enabled by a skillful use of their lived experience to monitor the ongoing team coordination of which they are part. However, very little evidence has been provided of the salience and accuracy of such an online awareness in either human movement science or sports science. Together, these elements demonstrate that the way joint movement is experienced remains a neglected topic within joint action research.

A recent study carried out on the sport field selected rowing as a setting to describe how athletes experienced their activity and the accuracy of their awareness (Millar et al., 2015). While the study investigated coordination phenomena only at an intrapersonal scale, it gave insights into the role of the online lived experience of actors in regulating their action and perception dynamics. In particular, the study suggested that with increased expertise, the rowers are more likely to be aware of the ongoing changes within the performance states (i.e., change in boat speed), even more than their coaches are from their external point of view. This study thus illustrates how expert performers might be able reliably to live and account for their dynamical individual activity. However, it is still unknown whether expert individual performers exhibit the same salient awareness of their activity when involved in a joint action task. In this light, investigations of phenomenological phenomena are still needed in the research on joint action processes. Quite novel in the field, the present study was exploratory and described the systematic lived experience of participants regarding their joint movement. The study was conducted in a natural setting of rowing. By combining phenomenological data with behavioral data (i.e., mechanical measures) and by using an original methodological design, we aimed to discuss the ways in which humans actively manage their emerging experience of the team coordination states.

The present study was designed with respect for an enactivist approach to social couplings (De Jaegher and Di Paolo, 2007; Laroche et al., 2014) to address the extent to which actors had shared meaningful lived experiences through the joint movement behavioral states. By combining a phenomenological description of their activity with a behavioral description, we aimed to explore the accuracy of such experiences.

The enactivist view to social couplings assumes that joint action processes should be investigated by reconstructing the way in which individuals live in their own worlds that are mutually coupled. Such a joint sense-making activity is assumed precarious in that individuals sense-making activities shape and are shaped by the fluctuating dynamics of the behavioral facet of the coupling to which they are contributing. An enactivist approach to the analysis of joint action thus aims to describe how the behavioral facet of the social coupling needs to complement the (inter)subjective facet in which it is embedded. This framework

aims to contribute to a paradigm shift in cognitive science (Varela, 1979), as the researchers present a non-representational frameworks in social cognition science (e.g., Varela, 1979; Varela et al., 1991). Instead of rejecting the subjectivity of participants (i.e., as in some of the non-representationalist views of cognition), the enactivist approach conceives it as a main component in the active regulation of the situated embodied activity. Thus, following a careful phenomenological framework (e.g., Theureau, 2003), the enactivist approach considers the “own world” of humans as the product of (a) the nature of their sensory apparatus that is genetically inherited, (b) the history of the actor/environment coupling (e.g., recurrent patterns of perception and action built during individual development), and (c) the way in which individual experiences his/her coupling with the environment in the moment (Thompson, 2011). This last assumption makes the situated experience lived by each of the performers the *sine qua non* condition for describing how their behaviors are systematically arranged into dynamic patterns in their real-time activity.

The present field study of joint action in a rowing crew combined the data from two alternative research traditions within activity analysis: the dynamics of the lived experience and the dynamics of the behavior. These data have been combined with a view to explore how individual lived experiences are tightly nested in the active regulation of joint action between two elite performers who have not been trained to row together. To explore the behavioral facet in which lived experiences are dynamically anchored, our starting point was to determine how each rower experienced the continuous coordination states during their race. Such phenomenological data helped to build several samples of oar strokes, differentially experienced. Grounded on such a subjectivity-based sampling method (Lutz et al., 2002), we then scrutinized the behavioral facet of the strokes by characterizing the specific behavioral signatures underlying the identified lived experiences, as captured at various levels of analysis. The following research questions drove the present study: (a) to what extent do individual coxless pair rowers report salient, meaningful lived experiences of their joint action effectiveness? (b) To what extent are these experiences similar across rowers? (c) Are distinct shared lived experiences of joint action effectiveness associated with distinct mechanical signatures? Finally, (d) to what extent do shared lived experiences of joint action effectiveness capture behavioral instances of expert team coordination?

MATERIALS AND METHODS

Characteristics of the Setting under Study

The naturalistic conditions of rowing (i.e., on water) have been selected for investigating joint action and the related shared lived experiences of rowers. Team coordination has been shown to be one of the major performance factors in crews of two or more rowers (Wing and Woodburn, 1995; Hill, 2002; Smith and Draper, 2002; Baudouin and Hawkins, 2004). In such an interactive performance setting, rowers are mutually

involved in a permanent real-time regulation of the emerging behavioral states of team coordination (Pinder et al., 2011). Much feedback is available for rowers during their race –they can feel their teammate’s oar blade enter the water through the boat movement, the boat’s roll, or their common propulsion, which makes this setting also particularly attractive for exploring the rowers’ lived experience (Millar et al., 2013). This abundance of feedbacks is likely to produce a rich amount of sense-making activity, although it may make it complex. Moreover, the existing mechanical capture systems allow the collection of a large amount of behavioral data in natural settings (i.e., on the water) at different levels of the social system: individual level (e.g., forces, angles measures; Ishiko, 1971; Schneider et al., 1978; Kleshnev, 2011); interpersonal level (e.g., time gaps in the entry into water of the rowers’ oar; Sève et al., 2013) and the boat’s level (e.g., boat speed; Hill, 2002; Baudouin and Hawkins, 2004). Such a setting offers a rich opportunity to advance the research on team coordination in general and on multi-level approaches of joint action in particular (Cooke et al., 2013; Kozłowski et al., 2013; Humphrey and Aime, 2014; Bourbousson et al., 2015).

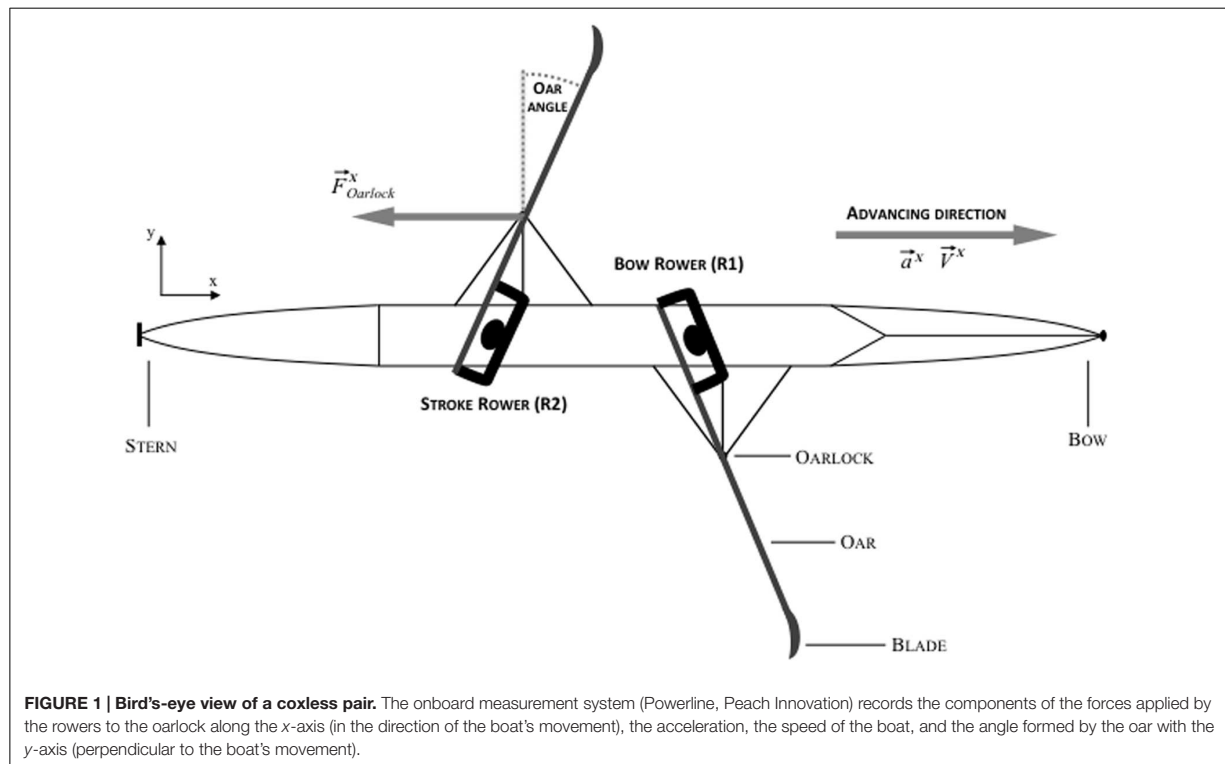
Participants and Procedure

A junior men’s coxless pair aged 17 years with 10 years’ experience in rowing participated in this study with the collaboration of their coach. The participants had no shared experience in rowing coxless pair together (i.e., this was their first season rowing together). The data collection occurred at the very first step of a 1-month crew-training period before the national championship in which the pair were to perform together. Both participants were current members of the French Rowing Academy (Nantes, France). The “stroke rower” is seated on the closest seat to the stern of the boat (i.e., he doesn’t see his teammate; see **Figure 1**) and, as described in the rowing training theories (Lippens, 2005), he propels the boat and set the rhythm. The “bow rower” is seated on the first seat, near to the bow of the boat (i.e., he sees the back of his teammate; see **Figure 1**) and he is supposed to follow the movement of the stroke rower to coordinate with him. Participants were in the top 10 of their category in France. This study was performed in accordance with the Declaration of Helsinki and the APA ethics guideline. It was approved by a local Institutional Review Board of the university. The two rowers and their coaches were informed of the procedures and gave their consent.

The two coxless rowers conducted a 12-min race of sub-maximal on-water rowing at 18–19 strokes per min (spm), as intended for the analysis. Sub-maximal is considered to be at 70–75% of the participant’s fastest speed, with a heart rate is below 145–156 beats per minute (bpm). This race thus account for the very first stage of team training, which was assumed to capture the initial learning processes of a newly formed crew composed of expert individual rowers.

Data Collection

Two distinct data sets were collected to account for the activity of the two rowers during the race. First, the phenomenological data were recovered through individual self-confrontation interviews (Theureau, 2003) with each rower. Second, the behavioral data



were recovered using an automatic mechanical device during the race.

Phenomenological Data Collection

The actors' phenomenology was the starting point for the descriptions of the actor/environment coupling. This was consistent with the enactivist view to social couplings and the claim that human activity displays autonomous characteristics that are not reducible to behavioral descriptions (Varela et al., 1991). The enactivist approach therefore devotes special attention to pre-reflective self-conscious phenomena, that is, the implicit ways in which a given actor experiences his/her ongoing activity. To capture actors' phenomenology through their pre-reflective self-consciousness embedded in the unfolding activity (i.e., lived experience), our study included a methodology that used phenomenological forms of retrospective interviews. From this perspective, at each instant of the race under study, we used self-confrontation interview techniques to collect the phenomenological data that accounted for the pre-reflective self-consciousness of the participants. This was consistent with recent enactive studies in sports (Bourbousson et al., 2011, 2012; Poizat et al., 2012; Sève et al., 2013; Bourbousson et al., 2015; Araujo and Bourbousson, 2016).

To this end, each rower of the coxless pair was filmed individually during the race by two video cameras located in a second boat that followed the rowing boat. Each rower was equipped with a high-fidelity microphone. Together, the recordings allowed us to collect the rowers' behaviors and

verbal communications. These behavioral traces of their activities helped us conduct the individual self-confrontation interviews immediately after the race. The self-confrontation interviews were designed so that rowers were asked to "re-experience their race" (i.e., re-enact their race) in order to describe and comment on the very details of the dynamics of their lived experience at each instant of the race (i.e., what they were doing, feeling, thinking, perceiving; see Theureau, 2003, for further details). Based on this verbalization data set, we were able to further characterize how the participants experienced each stroke. Each interview was fully recorded using a video camera so we able transcribe the verbal data and synchronize the rower's verbalizations collected during the self-confrontation interview with the corresponding oar strokes. Each individual interview lasted 1 h.

Behavioral Data Collection

The behavioral data were obtained from collection of mechanical data during the race using the *Powerline* system (Peach Innovations, Cambridge, UK) at 50 Hz (Coker et al., 2009). This system is imperceptible to rowers, thus allowing them to perform in natural conditions, but in an instrumented boat. In line with the study's aim, the system has a data acquisition and storage center connected to different sensors that allow to collect (a) the force applied to the oarlock by each rower (i.e., in the direction of the longitudinal axis of the boat), (b) the changes in each oar angle in the horizontal plane (i.e., the angle formed by the oar with the perpendicular axis to the longitudinal axis of the boat) and (c) the

boat velocity and acceleration, via an accelerometer and a speed sensor fixed under the middle of the boat's shell (see **Figure 1**). The accuracy of the force and angle sensors was 2% of full scale (1500 N) and 0.5°, respectively. The calibration of sensors was carefully checked before the experiment. The “drive” portion of a given stroke takes place in the water and propels the boat; it begins with a minimum oar angle (i.e., the catch) and ends with a maximum angle (i.e., the finish). Conversely, the “recovery” reflects the portion of the stroke that occurs out of water (Hill, 2002).

Data Processing

Building the Individual Courses-of-Experience

To perform the empirical phenomenological description of the crew joint action, we mobilized the course-of-action framework. This framework is rooted in the enactivist approach, and it offers valuable analytic tools to operationalize the phenomenological claims of enactivism. Tightly linked to the phenomenology of Sartre (1958), the course-of-action analytical approach includes sophisticated accounts of the pre-reflective self-consciousness reported by the participants, allowing for a step-by-step analysis of the dynamics of the lived experience involved in the activity under study (Theureau, 2003).

In this light, verbalization data obtained from the interviews were fully transcribed and then synchronized in a **Table 1**. We then systematically reconstructed the ‘course-of-experience’ of each rower during the race from the verbalization data sets (Theureau, 2003) by identifying the chaining of phenomenological experiential units across time. A course-of-experience accounts for what is meaningful to the actor at each instant of the race. Phenomenological experiential units chained together over time thus provide a detailed description of the dynamics for a given actor. Considering the hypothesis of the course-of-action framework, a phenomenological experiential unit does not directly result from the verbalization data, but is built by the researcher based on this data. The researcher identifies the six components of each phenomenological experiential unit (i.e., the so-called hexadic sign, Theureau, 2003) that are assumed to merge at a given instant to form what the participant lives intrinsically as a syncretic experience. A given phenomenological experiential unit lasts until another unit begins from the point of view of the actor; its duration thus depends on the intrinsic sense-making dynamics of the rower. For instance, in the present study, the delineated units were close to the duration of an oar stroke (or shorter), reflecting the importance of each cycle in experiencing the race.

The first component of a phenomenological experiential unit refers to a current action [i.e., Action (A)], defined as the fraction of activity that the individual can show, tell, or comment on at a given moment. This component is the closest to the syncretic experience of the actor in the situation. It is assumed to emerge as a physical action, a communicative exchange, or an interpretative act. The researcher identified this component within the verbalization data sets by determining what the participant was doing and what he was thinking. The second component refers to the current involvement [i.e.,

Involvement in the situation (I)], defined as the individual's concerns at a given moment. This component was identified within the verbalization data sets by identifying the participant's significant concerns in relation to the specific situation. The third component refers to current expectations [i.e., Expectations (E)], defined as what is expected by the individual in the situation at a given moment. It was identified within the verbalization data sets by identifying the participant's expectations about the current situation arising from his concerns and from the previous events in the setting (e.g., what result he/she was anticipating). The fourth component refers to knowledge elements [i.e., prior mobilized Knowledge (K)], defined as the individual's past knowledge that is relevant to the current situation. This component was identified within the verbalization data sets by identifying the prior elements of knowledge used by the participant. The fifth component refers to the perception [i.e., Perception (P)], defined as elements of the situation significant to the individual at a given moment. It was identified within the verbalization data sets by identifying what the participant considered to be a meaningful element of the situation. The sixth component refers to the construction, validation, or invalidation of knowledge, defined as the component of activity that modifies elements of knowledge at a given moment [i.e., Refashioned Knowledge (RK)]. This component was identified within the verbalization data sets by identifying what knowledge was being constructed, validated, or invalidated by the participant at the considered instant. For further details on the method or the framework, see Theureau (2003). **Table 1** provides an example of each of these components [i.e., Action (A), Involvement in the situation (I), Expectations (E), prior mobilized Knowledge (K), Perception (P), and Refashioned Knowledge (RK)].

To enhance the coding process validity, the first, second, and the last author (who had already coded protocols of this type in earlier studies) randomly selected a 2-min sequence of activity for a crossed analysis. At this step, each researcher independently built the course-of-experience of each rower, and then compared their codes to identify disagreements. Any of these initial disagreements were resolved by discussion among the researchers, who debated their interpretations until a consensus was reached on the number of phenomenological experiential units and the contents of the six components of each unit. After this consensus was reached, the first author reconstructed the dynamics of the lived experience of each rower during the complete race. Remaining verbalization data that were doubtful or unclear were collectively re-processed. Then, the phenomenological experiential units were further aggregated to be processed through a thematic analysis of qualitative data (Braun and Clarke, 2006). The starting point of the thematic analysis was to characterize how each rower experienced each oar stroke in terms of joint action effectiveness (e.g., similarity of their sensation about the boat's glide, or about their global perception about the boat/crew functioning). This characterization was based on a detailed examination of the six components of each phenomenological experiential unit, so that the extent to which rowers experienced joint action effectiveness was identified by the researcher in a comprehensive analysis of each instant of the race (see Supplementary Image 1). Such an analysis allowed

TABLE 1 | Example of the synchronization of the rowers' verbalization at the time code 00:40 [min:sec] of the race and their phenomenological experiential units filled regarding its six components.

Stroke Rower		Bow Rower	
Time code: 40 s	Verbalization	Verbalization	Six components
<i>Rower 1:</i>	<i>Here, always good.</i>		
Researcher:	Okay. Is this what you were thinking about at this moment? Or is it because you see the movie?	Researcher: <i>Rower 2:</i> <i>Here! We are already beginning to be a little more coordinated.</i>	Six components I: To drive well the boat/To keep the boat stable/To synchronize with his partner/Adapt to his partner/To put the same force as his partner during the oar stroke/To drag the boat as soon as possible/Be technically just in his movements
<i>Rower 1:</i>	<i>At this moment, I don't think about this. I thought to propel more and I already began to feel the fatigue.</i>	Researcher: <i>Rower 2:</i> <i>I see that my outer arm is not necessarily stretched. Normally, this arm must be stretched, but I keep it a little bent.</i>	E: Make a straight line with the boat/Be well synchronized with his partner/The boat should stay flat/Expects his partner grows as they usually do/Find << the optimal intensity >> /Do not make technical fouls
Researcher:	Ah Yes ...	Researcher: <i>Rower 2:</i> <i>Do you say it to yourself when you are rowing at this moment?</i>	K: NI
<i>Rower 1:</i>	<i>Yes, so at this moment, I did not necessarily think to tell me... I felt as if the boat were skiing.</i>	Researcher: <i>Rower 2:</i> <i>Yes</i>	P: Feeling on the position of his body and its movements/sees the boat as stable
Researcher:	Okay. But did you really feel at this moment the boat skiing?	Researcher: <i>Rower 2:</i> <i>Well ...</i>	A: Looks at the shoulders and hands of his partner/Puts on the same intensity as his partner/Perceives the boat skiing/Flexed his arm
<i>Rower 1:</i>	<i>Yes, I felt the boat skiing on the water.</i>		RK: Realizes that he made a technical error
Researcher:	Okay.		

I, involvement in the situation; E, Expectations; K, prior mobilized Knowledge; P, Perception; A, Action; RK, Refashioned Knowledge. NI, not identified

the researcher to decide how the rower experienced the joint action effectiveness, even if the rower was unable to detail such an experience in an explicit way. We were able to identify different individual typical modes of experiencing joint action effectiveness (i.e., from experiencing an effective to a detrimental joint action). From this local analysis, the first-order themes related to the joint action effectiveness experience were then merged step-by-step to give rise to second-order themes (see Braun and Clarke, 2006, for further details), which were the so-called typical modes of experiencing joint action effectiveness. Once these themes had been identified, each phenomenological experiential unit was labeled according to the theme to which it belonged, so that the chaining of the typical modes of experience might be analyzed across time.

After identifying and labeling the phenomenological experiential units, the next step consisted in time synchronizing the rowers' typical experiences. Such synchronization allowed scrutinizing the extent to which rowers simultaneously and similarly experienced the effectiveness of their joint action during the ongoing performance. At this step, typical arrangements of the modes of experience were scrutinized which allowed us to delineate portions of joint action dynamics (i.e., phenomenological data samples) that were congruent (or not) with the related lived experiences. The aim of the following next step was to search for the mechanical signatures of such delineated phenomenological data samples.

Computing Mechanical Indicators at Various Levels of Description

Mechanical indicators were calculated for each rower's stroke to account for individual-, interpersonal-, and boat-levels of description. These indicators were analyzed for each full oar stroke. Each stroke was decomposed into four phases to better assess changes within the mechanical signatures, specifically, the first and second halves of the drive phase (i.e., during the propulsive phase; when the oar was in water) and the first and second halves of the recovery phase (i.e., during the replacement phase; when the oar was out of water). Raw data (oar angles, forces applied to the oarlocks, acceleration and velocity) were filtered with a low pass Butterworth filter, with a 5 Hz cutoff frequency. Continuous angular velocities were then computed as the first derivative of the angular position, using the central difference formula. The continuous relative phase between oar angles of the stroke and the bow rower was selected to assess the interpersonal coordination (de Brouwer et al., 2013) and was calculated according to Hamill et al. (2000). Each cycle was considered between catch points as the local minimum of oar angle. Then, all the data were interpolated to 101 points per cycle. As the stroke rower's cycle did not start at exactly the same time that the one of the bow rower's, all studied rowing cycles were normalized on the stroke rower's cycle of oar stroke in order to allow for the comparison between rowers.

Individual level of description

To account for the individual level of description of the mechanical parameters, 11 indicators were selected: (a) the mean of force applied by the rower to the pin of oarlock in the direction

of the longitudinal axis of the boat (N), (b) the standard deviation of the force's values (N), (c) the linear momentum of the force produced (kg.m.s^{-1}), (d) the peak force (N), (e) the peak force's timing in percentage of cycle (%), (f) the range of motion of the rowers ($^{\circ}$), (g) the catch angle ($^{\circ}$), (h) the mean of the angle of oar velocity ($^{\circ}.\text{s}^{-1}$), and (i) the mean of the standard deviation of the values of the oar's angle of velocity ($^{\circ}.\text{s}^{-1}$). Individual parameters were selected from the literature of performance analysis in rowing (Kleshnev, 2011).

Interpersonal level of description

To analyze the mechanical parameters at an interpersonal level of description, seven indicators were retained, which all accounted for a degree of synchrony of the oars strokes: (a) the mean of the angle's continuous relative phase ($^{\circ}$), (b) the mean of the standard deviation of the angle's continuous relative phase, (c) the gap between the timing of either catch angles (%), (d) the mean of the gap between each individual peak force level (N), and (e) the gap between the timing of each individual peak force (% of the cycle). These parameters were selected to account for the level of synchrony between the angles of the rowers (Williams, 1967; Lamb, 1989; Hill, 2002) and between the exerted forces (Schneider et al., 1978; Wing and Woodburn, 1995; Baudouin and Hawkins, 2004).

Boat level of description

To account for the boat's level of description, two indicators were selected: the mean of the boat's velocity (m.s^{-1}) and the mean of the boat's acceleration (m.s^{-2}).

Identifying the Mechanical Signatures of the Typical Modes of Experience by a Subjectivity-Based Sampling Method

To combine phenomenological and behavioral data (i.e., typical modes of experiencing the race and the mechanical signatures at various levels of description), we performed a subjectivity-based sampling procedure. The procedure involved first scrutinizing the phenomenological data (i.e., the rowers' course-of-experience) to delineate the samples of behavioral data to be compared (i.e., various ways of experiencing the strokes give rise to various delineated sections within the race that will be further processed/compared). Such a subjectivity-based sampling method has been well developed in enactivist neuroscience (e.g., Rodriguez et al., 1999; Lutz et al., 2002; Lutz and Thompson, 2003; Froese et al., 2014a,b). To our knowledge, this has not been used in the field of human movement or sports science. The principle is to guide the observational study (e.g., brain dynamics observation, behavioral dynamics observation) using phenomenological data collected during the same task. This procedure includes the human experience as a valuable facet of the activity under study and investigates the observational (i.e., behavioral) measures that contribute to their emergence.

To utilize this method, the time code of each typical mode of experience was recorded (i.e., starting/ending point of the given mode) to identify all intervals falling under the same typical mode of experience, subsequently, we aggregated them in a corresponding sample. Various samples of mechanical data were built from this procedure (i.e., respecting the time codes

of the typical modes of experience), each of them thus reflecting different ways of experiencing the joint action. Each instant of the joint action (i.e., each cycle) was further characterized in terms of the similarity of the individual experiences of the rowers, using the three individual modes of effectiveness experiences captured during the thematic analysis of each participant's activity. From the collective level of description of the lived experiences, we delineated four collective phenomenological categories (i.e., four samples) in our overall data set. Each of these categories comprised mechanical indicators measured for each cycle under consideration, resulting in multiple quantitative time series.

The first collective phenomenological category was labeled Simultaneously and Similarly Experienced as Meaningless (SSE-M). The second category was labeled Simultaneously and Similarly Experienced as Detrimental (SSE-D). The third category was labeled Simultaneously and Similarly Experienced as Effective (SSE-E). The fourth category was labeled Simultaneously Diverging Experiences (SDE).

Statistical analysis was carried out on the mechanical signatures of each of the four categories using the SPSS 17.0 statistical software package (SPSS, Inc., Chicago, IL, USA). Descriptive statistics were reported using the mean and the standard deviation (mean \pm SD). Differences between the four categories regarding each mechanical indicator were analyzed using a multivariate analysis of variance (MANOVA). When the main effect was significant, ANOVA, or two-way ANOVA, with Tukey's HSD *post hoc* test was applied to the categories (SSE-M, SSE-D, SSE-E, and SDE) and the rowers (Rower 1 and Rower 2) as independent variables and the mechanical indicators listed above as dependent variables. *Post hoc* analyses were applied with Bonferroni correction. Data and ANOVA residuals were checked carefully for normal distribution using QQ plots. When distributions were not normal, a Kruskal–Wallis test was applied. When the Kruskal–Wallis tests were applied and revealed significant effects, Dunn's tests was applied, as *Post hoc* analyses, to identify the location of differences between categories (Dunn, 1961). The level of significance was set at $p < 0.05$.

RESULTS

Typical Individual Rowers' Modes of Experiencing the Joint Action Effectiveness

The thematic analysis performed on the individuals' phenomenological data showed that three main themes (i.e., revealing typical modes of experience) fit the collected data, suggesting three related recurrent ways of experiencing joint action effectiveness from the individual rowers' points of view. The most prevalent typical mode of experience (75.5% of the time of their individual activities) accounted for the units of experience in which the joint action was experienced as “meaningless” by the rower. “Meaningless” was used here as a label to signify that the rower did not pay attention to the joint action at the pre-reflective level of their activity. The second and the third typical modes of experience accounted

for the units of experience in which the participant reported a “salient” experience of the joint action. Especially, the second typical mode (16.3% of the time of their individual activities) accounted for portions of activity in which the rower reported a salient, meaningful experience of contributing to an effective oar stroke, indicating that the joint action was experienced as being particularly “effective.” The third typical mode of experience (8.2% of the time of their individual activities) accounted for portions of activity in which the rower reported a salient, meaningful experience of contributing to a poor oar stroke, thus indicating that the joint action was experienced as being “detrimental.”

Collective Phenomenological Categories and Their Prevalence

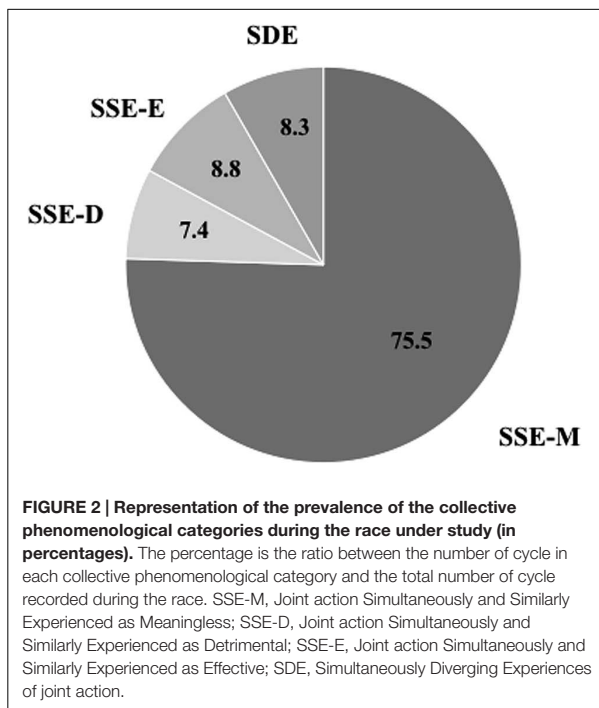
The first collective phenomenological category was built by aggregating the data related to all cycles (i.e., oar strokes) that the participants simultaneously and similarly experienced as being “meaningless” ($N = 154$ cycles out of 204 cycles, representing 75.5% of the race). This category was labeled SSE-M. The second category accounted for all cycles that the participants simultaneously and similarly experienced as being “detrimental” for the joint action (labeled SSE-D; $N = 15$ cycles; representing 7.4% of the race). The third category accounted for all cycles that were simultaneously and similarly experienced by the participants as being “effective” for the joint action (labeled SSE-E; $N = 18$ cycles; representing 8.8% of the race). The fourth category accounted for all cycles that the rowers simultaneously experienced in a diverging fashion, and it was labeled SDE ($N = 17$ cycles; representing 8.3% of the race). See the illustration in **Figure 2**.

Mechanical Signatures of the Collective Phenomenological Categories at Three Levels of Analysis

The mechanical parameters related to the four identified categories (SSE-M, SSE-D, SSE-E, and SDE) were then submitted for further statistical analysis. The analyses aimed to identify the level of organization of the joint action (i.e., individual, interpersonal, or boat-level of the mechanical parameters analysis) that could at best explain the differences in the four collective phenomenological categories. For all of the following analyses, the comparison between the categories considered seven ways of analyzing the cycles: (a) the full cycle, (b) the drive phase, (c) the first half of the drive, (d) the second half of the drive, (e) the full recovery phase, (f) the first half of the recovery, and (g) the second half of the recovery.

Individual Level of Analysis

At the individual level of analysis, no significant differences between collective phenomenological categories was found in terms of individual mechanical indicators. The following indicators were assessed and did not capture differences between the categories: the mean force applied by the rower on the pin of the oarlock, the standard deviation of the force's values, the linear momentum of the force produced, the



peak force level, the peak force's timing in the percentage of cycle, the range of motion of the rowers, the mean of the angle of oar velocity, the mean of the standard deviation of the values of the oar's angle of velocity. See Supplementary Tables S1–S3.

Interpersonal Level of Analysis

At the interpersonal level of analysis, the values of the relative phase measures did not differ significantly between categories. The main result at this level of analysis was related to the measure of the gap between their peak force levels, which was significantly higher for the SSE-D than for the other collective phenomenological categories. Indeed, the Kruskal–Wallis test revealed an effect between the categories (chi-squared = 8.451; $df = 3$; p -value = 0.038), and Dunn's test then showed a significant difference between the SSE-D and the SSE-E categories (adjusted p -value = 0.026; see Figure 3). Thus, the measure of the gap between each individual peak force level appeared to be the best candidate to understand the mechanical parameters that supported a shared experience of effectiveness in joint action. See Supplementary Table S4.

Boat Level of Analysis

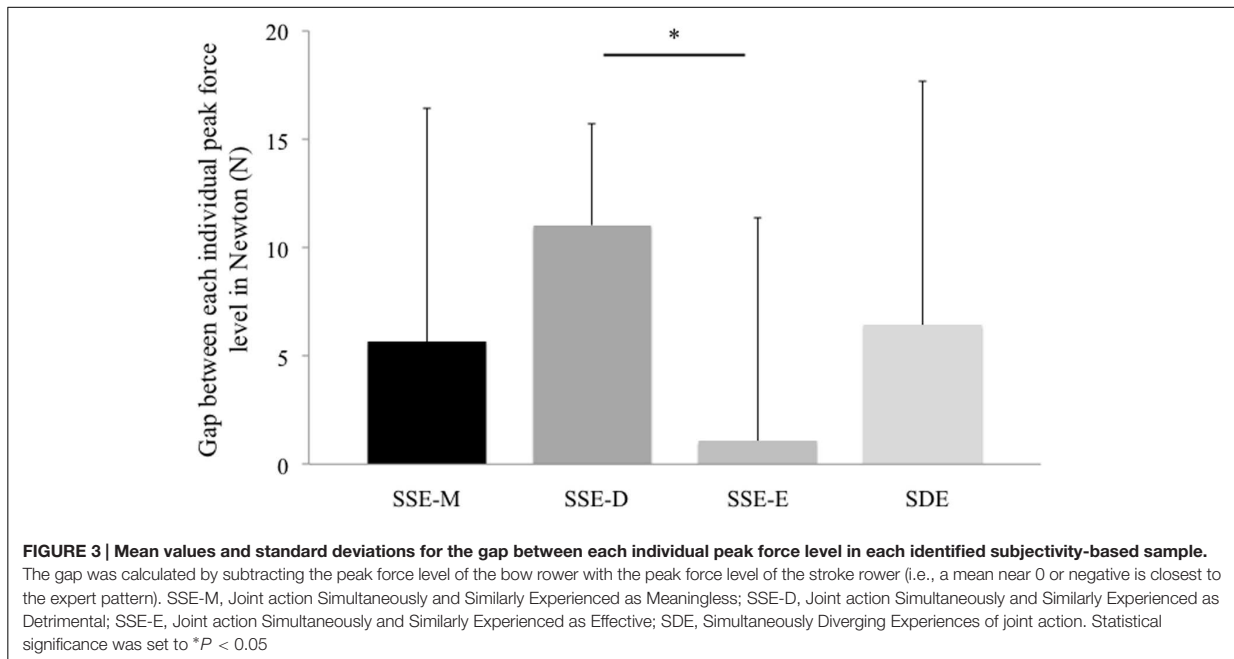
At the level of analysis of the boat, the results did not show differences between the four collective phenomenological categories for either of the indicators related to the boat, which were the mean of the boat's velocity and the boat's acceleration. See Supplementary Table S5.

DISCUSSION

The objective of the present study was to understand how individual experts in rowing experienced the effectiveness of their joint action when they rowed together at the first stage of their team coordination learning process. To achieve this objective, we collected the data related to their real-time lived experience (i.e., at a pre-reflective level of the activity) and to the related mechanical properties during a 12-min race. We were thus able to explore the mechanical signatures of various shared lived experiences. The discussion of the results is organized around our research questions. The results first suggested that (a) the extent to which rowers simultaneously experienced salient, meaningful sensations of effectiveness (i.e., effective or detrimental) in their joint action correlated with the extent to which supporting a mechanical signature captured expert-like pattern of team coordination. Secondly, the results also pointed out that (b) the participants spent a large amount of their activity not having a salient, meaningful experience of their joint action. These results are discussed regarding inter- and extra-personal regulation processes, respectively. We conclude by discussing the heuristics of an enactivist approach to social coupling in sports science.

The Mechanical Signatures of the Salient, Joint Experiences of Effectiveness

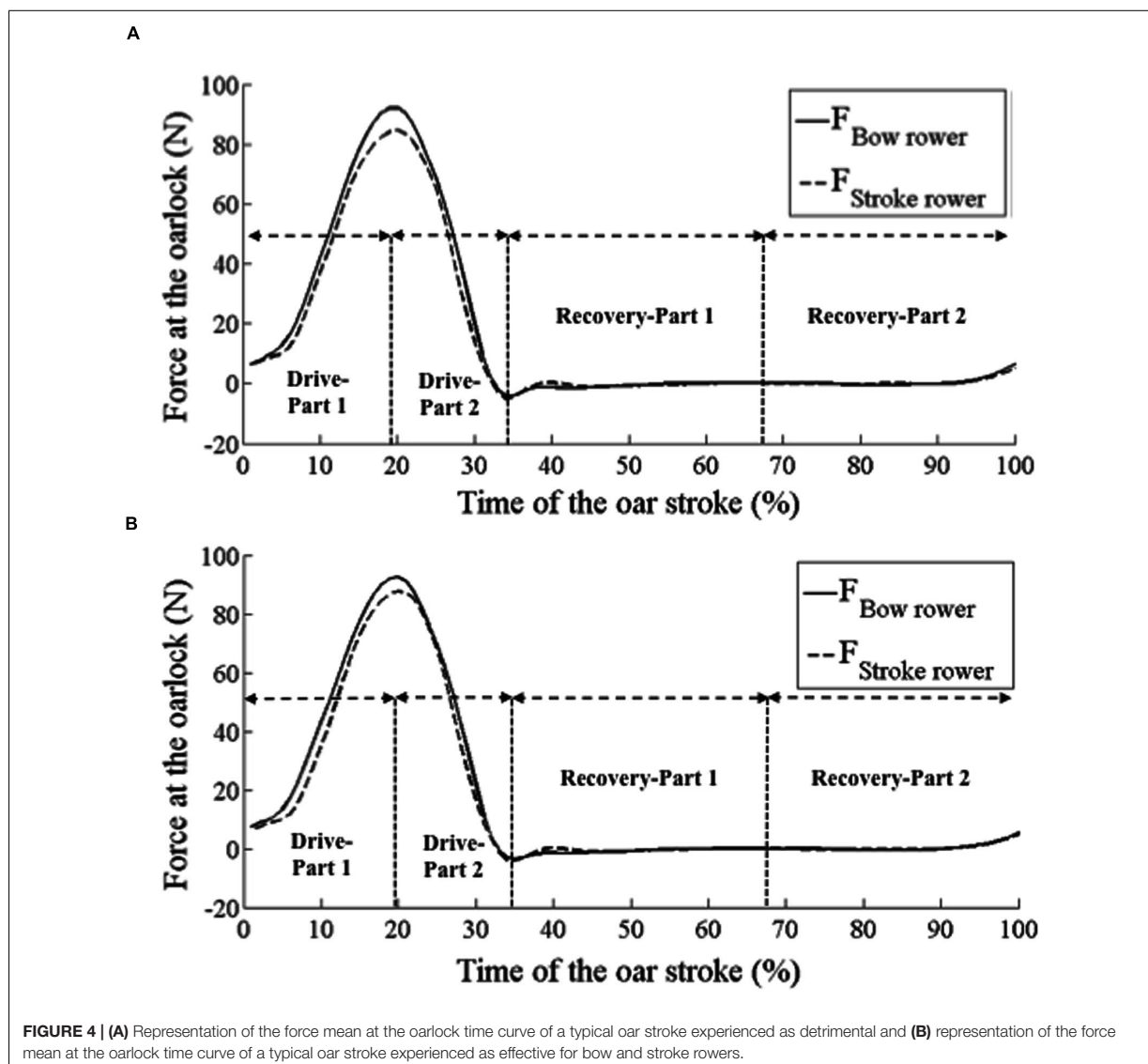
When considering instances in which both rowers simultaneously and similarly had salient experiences of their joint action at a given instant, we obtained two samples that reflected the identified collective phenomenological categories, and that consisted of the measured mechanical parameters. The first collective phenomenological category accounted for simultaneous salient experiences of an effective joint action, the second for a salient shared experience of a detrimental joint action. The comparison of both collective phenomenological categories showed significant differences within their mechanical signatures. On the one hand, the pattern of the joint action that was Simultaneously and Similarly Experienced as Effective (SSE-E) showed that both rowers produced their peak force at the same time and peak force levels were very close. On the other hand, the pattern of the joint action Simultaneously and Similarly Experienced as Detrimental (SSE-D) revealed that both rowers produced their peak force in the same time, but their peak force diverged in terms of level: the peak force of the bow rower was higher than the one of the stroke rower. Interestingly and consistent with what the rowing literature describes in terms of what is expected of a rowing crew coordination (Smith and Draper, 2002; Baudouin and Hawkins, 2004), the mechanical pattern related to the shared experience of effectiveness (SSE-E category) was more expert than the pattern related to the shared experience of a detrimental joint action (SSE-D category). Indeed, coxless pair-oar rowing requires a high technical level as the force pattern required is more complex than in other rowing boats (Smith and Draper, 2002): it requires a specific pattern of application of the force due to the position of the two rowers in the boat. In order to maintain the boat's direction, the



stroke rower has to produce his peak force slightly earlier than the bow rower does and with a peak force higher than that the bow rower (Smith and Draper, 2002; Baudouin and Hawkins, 2004). In this light, our results showed that the gap between the peak force level of the stroke and the bow rower was significantly more important when the rowers similarly experienced their joint action as detrimental, but this gap was inverted compared to expert patterns (i.e., bow rower's peak force level was higher than that of the stroke rower). Joint sense making thus appeared to be nested in the behavioral facet of the joint action in that the extent to which rowers shared experience of effectiveness was related to the extent to which their mechanical patterns signed expert team rowing.

Moreover, while experiences of joint action were quite accurate in terms of the mechanical states from which they emerged (see the Section "Results" discussed above) our results pointed out that these experiences were still capable of improvement. Indeed, at a pre-reflective level of the activity, the rowers did not perceive that their joint action states were not perfectly achieved in terms of what is expected for a coxless pair crew. Additional mechanical indices supported this interpretation: the analysis of the rower's peak force showed that this peak was produced a little bit late by the stroke rower (around 1%; see Figure 4), as required in the rowing literature (Smith and Draper, 2002; Baudouin and Hawkins, 2004). This finding implies that rowers were not fully aware of the team coordination patterns that shaped their joint action and supported their lived experiences, suggesting that future research should address avenues related to the unperceived features of team coordination phenomena (e.g., Varlet and Richardson, 2015), especially how these features can change through training practice.

In sum, the gap in the rowers' peak force levels shaped the emerging shared experiences of effectiveness, which indicates that the *interpersonal* level of mechanical description was the one that best accounted for the extent to which rowers experienced their joint action effectiveness at the pre-reflective level of their activity. Interestingly, by pointing out that rowers managed the continuity/change of their joint action from the interpersonal states of coordination they perceived, our study indicates that an "inter-personal" regulation mode might structure how each rower manages the joint action. The Interpersonal mode of regulation refers to individual activities that are synchronized through informational constraints relied on by the given actors. For example, this mode of regulation is implied in studies where participants are asked to synchronize their oscillating limbs and to actively regulate the emergent states of coordination on the basis of the extent of synchrony they perceive on-the-fly. Such inter-personal regulation processes have been investigated in lab-based studies regarding inter-arms coordination between participants (Davis et al., 2016), for inter-legs synchronization (Schmidt and Richardson, 2008), or in natural settings regarding inter-oars' stroke coordination in rowing (Wing and Woodburn, 1995) or inter-players' trajectories coordination in basketball (Esteves et al., 2011). In terms of the experience that each actor has in his actor-environment coupling, such a regulation mode assumes that actors remain sensitive to the dynamic behavior of the partner, and that they adapt in this regard, as found in the present study from the analysis of the salient, meaningful shared experience of joint action effectiveness. The following "Results and Discussion" Sections will counterbalance such a conclusion by suggesting that "extra-personal" modes of regulation might



have shaped some remaining portions of the race (i.e., SSE-M category).

While having an individual salient, meaningful experience of effectiveness in a joint action did not guaranteed that this lived experience was similar to that of the teammate or that it was related to expert-like mechanical signatures, our results supported the idea that when an experience was shared, it was likely to emerge from an efficient joint action. However, there was a notable size difference between experiential categories (e.g., between SSE-M and the other experiential categories). This difference in the size of the collective phenomenological categories could be the reason it was difficult to obtain significant results at the mechanical level.

Participants Did Not Make an Extensive Salient Experience of Their Joint Action

Beyond the analysis focused on the shared salient experiences of different degrees of effectiveness, the analysis of the phenomenological data provides elements to counterbalance the “inter-personal” mode of regulation suggested above. To this end, the prevalence of each typical mode of experiencing the joint action (i.e., each collective phenomenological category) needs to be considered. Joint action was perceived simultaneously as a salient, meaningful experience for only 24,5% of the race under study. With respect for this typical mode of experiencing joint action as salient, of note is that 8.3% of which was associated with diverging experiential content (i.e., the joint action’s degree of effectiveness was simultaneous and salient but not similarly

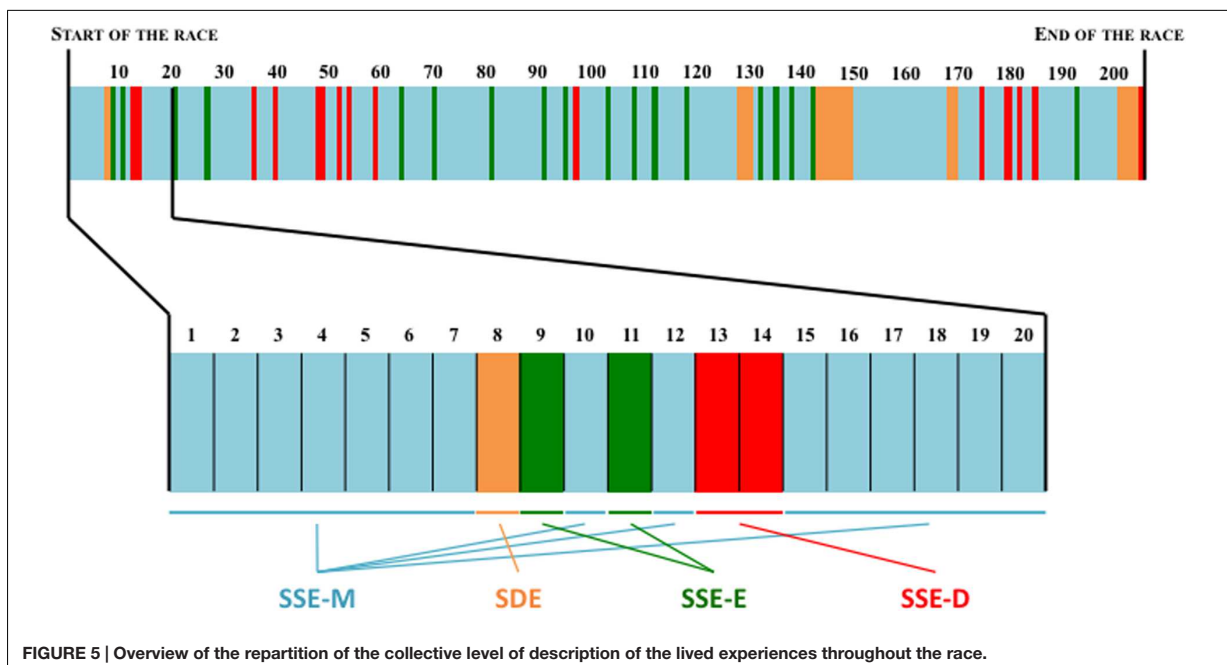
experienced), and 16.2% with similar experiential contents. In the latter case, the rowers could simultaneously and similarly report a salient, meaningful experience of a given stroke as effective or detrimental to their joint action (i.e., SSE-E and SSE-D categories), as extensively discussed in the previous section. Finally, the results showed that, at the pre-reflective level of their activity, the rowers did not pay attention to the effectiveness of their joint action for the remaining 75.5% of the studied period, indicating that the rowers did not make an extensive salient experience of their joint action at the scale of the overall race (see the distribution of the collective phenomenological categories during the race in **Figure 5**). In other words, and as labeled in the thematic analysis of the phenomenological data, the rowers were able to coordinate their strokes through experiencing their joint action as “meaningless” during a large part of their crew activity.

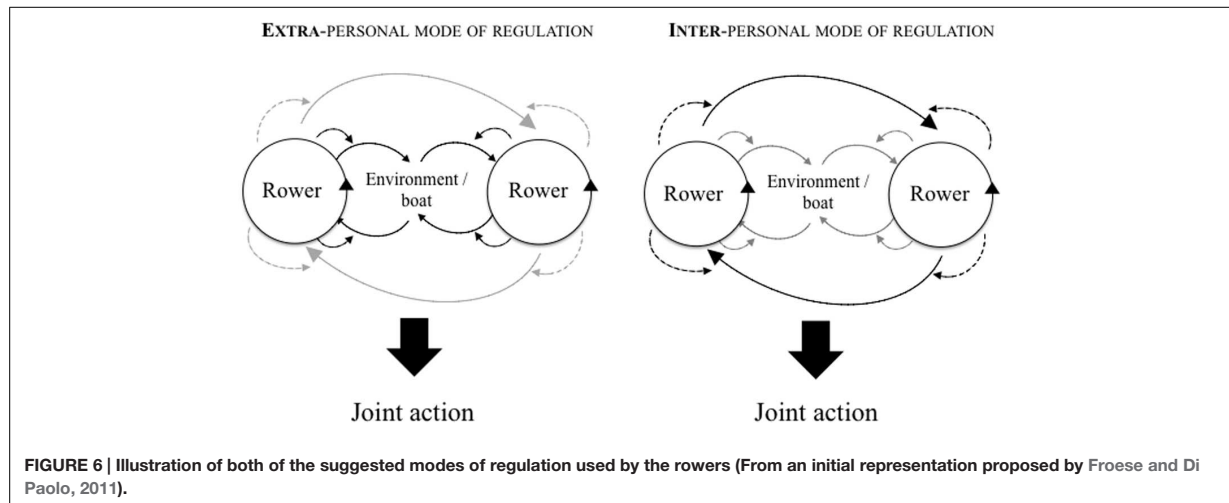
Thus highlighting that the joint action generally was not explicitly lived as a salient experience within the dynamics of the rowers' activity might be considered unexpected. Indeed, by revealing the prevalence of implicit team processes at the early stages of a team coordination learning process, this result is controversial in that it does not support the implicit coordination process hypothesized by Eccles and Tenenbaum (2004) in sports team learning, which viewed the learning of team coordination as a linear process progressing from explicit processes toward implicit and embodied processes. At least, our present findings suggest that team coordination in rowing seems to be a task, which can be performed by individual experts in rowing without their exhibiting an extensive intentional/explicit activity of co-regulation of their joint action.

With respect to the discussion about the modes of regulation that underlie the present joint action (e.g., an “inter-personal”

mode of regulation), and in indicating that interpersonal states of coordination were not the constant focus of the adaptations actively performed by the rowers, our observations now suggest that extra-personal regulation processes might also have underlain the joint action dynamics (Millar et al., 2013). Extra-personal regulation has been used to explain the emergence of team coordination patterns while rowers were only regulating their individual coupling to the environment separately. The environment is thus used by individuals to mediate/organize the arrangement of individual activities at each moment of the collective activity. This process differs from inter-personal regulation processes that are grounded on a direct co-regulation of the joint action dynamics itself. When a rower is involved in an extra-personal regulation and acts on his/her oar, he/she can adjust his/her movements in response to the reaction of the water and the boat information. Both rowers can thus respond similarly, thanks to this mediation. Interestingly, as observed within social insects that act together through environmental mediation (e.g., termites, ants), such a process does not need individual agents to be aware of the collective motion to which they are contributing, which might thus explain the very few instances in the present study where the rowers made salient, meaningful experiences of their joint action.

Remembering that the analysis of the shared salient experiences of effective/detrimental oar strokes suggested that the rowers' regulation processes were rooted in the inter-personal level of organization, the additional finding notes that the rowers did not make an extensive experience of their joint action for a large part of the race. This finding thus suggests that the rowers used an extra-personal regulation process to regulate their coordination in the portions of the race when joint





action was experienced as “meaningless.” One can then question how the extra-personal regulation process suggested here can combine with the inter-personal mode of regulation captured earlier. We assume that, when rowing alone, expert rowers learn to regulate their activity through the boat’s information (Millar et al., 2013), which allow them to row with others using an extra-personal mode of regulation, even if they have no prior shared team practice. However, along the coordination process under study, some events occurred at the inter-personal level of organization (i.e., synchronization breakdowns) to which the rowers were sensitive, causing them to exhibit an inter-personal mode of regulation at the level of the activity that was salient and meaningful to them (see **Figure 6** for an illustration of the two suggested modes of regulation). This latter mode, even being less prevalent, might be the mode that they use to manage their progression, the mode they use to maintain/change the flow of their joint action effectiveness. Thus, to hypothesize what might be observed later in the future stages of learning their joint action, two alternative transformations might be evidenced: (a) rowers will increase the proportion of cycles lived as “meaningless” (i.e., SSE-M), thus signing an increasing extra-personal mode of regulation of their continuous joint action. At the same time, they maintain an inter-personal mode of regulation to manage race events, evidenced through momentary salient experiences of joint action effectiveness that is rooted in interpersonal mechanical states; or (b) rowers will also gradually learn to regulate the sudden events through an extra-personal mode of regulation, evidenced through salient experiences of joint action effectiveness that is rooted in the boat’s mechanical variation. In this light, future research should investigate the extent to which rowers are supposed to share more salient meaningful experience through team training, considering the nature and the transformation of the information that support such experiences. Such research should be able to better challenge the Eccles and Tenenbaum’s (2004) hypothesis that assumes a hypothetical pathway from explicit to implicit regulation processes in team coordination learning.

Interestingly, our study also revealed that when rowers simultaneously experienced a salient joint action, their experience was not necessarily similar. However, such dissimilarities in the simultaneous experiential content did not appear to link with any decrement in the mechanical measures. Our suggestion is that, as long as rowers experienced simultaneously their co-regulation of the joint action, the joint performance did not suffer from each rower judging effectiveness differently. This corroborates that team coordination patterns of movement may occur without a perfectly shared experience about the ongoing joint action (Bourbousson et al., 2011, 2012). Other studies have indicated that joint action was quite resilient to perfectly shared experiences, especially in those that used the perceptual crossing paradigm (Auvray et al., 2009). This device puts two actors in situations where they have to move an avatar in a virtual environment populated by different entities (avatars of humans and various lures), visually empty but providing tactile stimulation at each encounter through the mouse used by the participants. Interestingly, what helps participants to experience social connectedness, and subsequently to succeed in finding each other, is the ongoing co-regulation process they both perceived simultaneously (Froese et al., 2014a), disregarding the extent to which each actor was satisfied by the unfolding interaction, since they have no feedback on their current effectiveness in the task. In agreement with the findings obtained in such experimental studies, the present study provided further evidence that the full coordination of sense-making activities is not needed to allow for a viable patterned joint action in a natural task, as long as actors are simultaneously involved in co-regulating their collective behavior (Froese and Di Paolo, 2011; Froese et al., 2014a,b). Thus, as recently introduced as a hot topic in sports team coordination research (Araujo and Bourbousson, 2016), future research should consider the ways in which the extrinsic facet of the coordination process (e.g., the behavioral facet) and the phenomenological facet are mutually constrained to give rise to collective effectiveness in a task. Regarding training concerns, future research should consider how shared repeated practice of

joint action (i.e., through the development of team coordination expertise) might change step-by-step the relationships that shape both facets.

Insights into Team Coordination Phenomena in General

Beyond our hypotheses, the results of the present study offer some insights into team coordination phenomena in general. First, the team members combined two ways of regulating their joint action throughout the race, namely a meaningless regulation and a salient, meaningful regulation of the joint action. While such a distinction has been proposed by Eccles and Tenenbaum (2004) in their framework for team coordination in sports, related research questions remain open to understand the effectiveness of such regulation processes, as illustrated by the present results, which challenge this theory. Second, the team members also combined two distinct modes of regulation, inter- and extra-personal. While such a distinction has been suggested in human movement science (e.g., Millar et al., 2013), very little is known about how both modes of regulation might co-occur during a given ongoing joint action.

Considered together, these distinct regulation processes call for three main avenues in team coordination research. Firstly, research should question the settings' characteristics that are particularly propitious for one of these processes. For instance, the environmental mediation possibilities might call for a prevalence of extra-personal regulation. Also, the number of participants involved in the collective behavior might make the inter-personal regulation process hard to manage (i.e., each participant cannot regulate all the dyadic linkages included in the collective), so that extra-personal processes might become parsimonious and preferable when environmental mediation is available. Secondly, research should question to what extent training practices could change regulation, and for which benefits such transformations might occur. Thirdly, research might identify the parameters that control how actors switch dynamically from one regulation process to another during an unfolding joint action.

Beyond the need for team coordination research not only to focus on the behavioral facet of the joint effort, but also to investigate the underlying modes of intentional regulation, our opinion is that future avenues will benefit from considering hypotheses included in the stigmergic theory of collective behavior (Susi and Ziemke, 2001; Avvenuti et al., 2013) in which holistic phenomena of coordination might be considered as emerging from the behavior–environment coupling. Stigmergic theory of collective behavior explains how each agent of the social system regulates its own behavior–environment coupling, without the agents needing to actively and directly coordinate with other agents, and without them needing to be aware of these cooperating agents. Of interest is that no evidence of such processes has been discussed extensively in human collective behavior. The scarce references made to such collective behaviors (e.g., Bourbousson et al., 2012; Silva et al., 2014) have neglected the stigmergic hypothesis and instead have adopted the local-and-distributed mode of coordination, i.e., humans can exhibit a patterned collective behavior without needing to grasp the

global properties of the social structure to which they contribute. When considering that stigmergic processes do not require the actors to be aware of the collective behavior (e.g., like social insects that do not experience a sense of working together), then stigmergic processes could explain why in this study, the rowers were in synch for the three quarters of the race without simultaneously having a salient, meaningful experience of their joint action effectiveness. For instance, when the extra-personal mode of regulation (i.e., stigmergic) is needed to become an expert crew in rowing, it also seems to operate easily in a novice crew (despite their intentional subjective regulation being shaped by inter-personal processes). Such stigmergic processes could also explain why the rowing training theory (Morrow, 2011) does not consider the step-by-step adjustments of team coordination as a time consuming part of the training. It could also explain why rowing crews are often composed late in the sporting season, because of members' interchangeability are facilitated when actors coordinate through the environment (in comparison to the increased member-dependence obtained through inter-personal regulation processes). At least, the present study suggests ways for future research to delineate strengths and weaknesses of the regulatory activities that facilitate the emergence of collective behavioral patterns.

The Heuristics of an Enactivist Approach to Social Couplings

Beyond our hypotheses and methodological aims, the results of the present study provide the opportunity to explore the potential of the enactivist approach to social couplings (Laroche et al., 2014; Araujo and Bourbousson, 2016). We believe the approach offers benefits to research in this area. First, this framework is constructivist, linked to a dynamic approach to behavior and to an additional phenomenological epistemology (Thompson, 2011). The framework is concerned with combining an understanding of team coordination from an external point of view (i.e., mechanical measures) with an understanding of the (inter)subjectivity that shapes/is shaped by this behavioral facet (Petitmengin and Bitbol, 2009). The phenomenological assumptions included in this framework were thus useful for capturing in detail the actors' experiences at each instant of the joint action. By comparing the individual situated experiences of the rowers, the researchers were able to characterize the dynamic properties of team members' participation in joint sense making (De Jaegher and Di Paolo, 2007) and the specific timing and sequencing of such lived experiences. As performed in the present study, this subjectivity-based description guided the subsequent processing of the behavioral data. In this light, we used the lived experiences of rowers to delineate various collective phenomenological categories and the related behavioral samples sets that were then compared statistically. This procedure, inspired by works conducted in the area of enactivist neurosciences (e.g., Lutz et al., 2002), has been referred to as a subjectivity-based sampling method.

The subjectivity-based sampling method provided three opportunities. It allowed us to process quantitative and behavioral data only, which *de facto* included the phenomenology that prevailed in such data. However, as is usual in behavioral

research, the processed team coordination data (i.e., the explained variable) include mostly the experimental condition, specifically external/contextual constraints that have been observed (i.e., the explanatory variables). The procedure performed in our study guided the mechanical analysis of the phenomenological data, and thus ideally illustrated how a full enactivist approach could be used with behavioral data. The subjectivity-based sampling appeared to be a good method for interdisciplinary research. Moreover, by including a phenomenological methodology that uses retrospective interview techniques, the research design permits activity to be studied based on the reconstruction of the natural and specific conditions of the activity to reveal how participatory sense-making develops in a real-world setting. Finally, the present method instantiates the concept of human movement as a place of interplay of behavioral and phenomenological facets (Froese and Di Paolo, 2010), and a concept of team coordination as a simultaneous combination of the behavioral dynamics of a joint effort (i.e., non-accidental correlations between the movements of the participants) and participatory sense-making dynamics (i.e., each participant constraining the own-world of the other). The present study illustrates the interiority of individuals that is not always captured by objectivist approaches. Here, taking into account lived experiences helped to make sense of variability in the objective data, and illustrated how this interiority might be the starting point to describe actor/environment coupling, including actor/actor coupling. However, the subjectivity-based sampling method should be strengthened by future research in order to better identify its domain of relevance, that is the particular setting in which an elicitation of actors' lived experiences heuristically complements behavioral analyses.

CONCLUSION

Our study leaves some open questions. In this study, extra-personal regulation processes have been suggested for most of the race, but instances of intentional inter-personal regulation processes might also be suggested, as similar salient, meaningful lived experiences of joint action effectiveness were explained by mechanical parameters, accounting for an inter-personal level of organization. Further research could be conducted with the same methodology (a) to extend the heuristics of a subjectivity-based sampling method and (b) to address the question of dynamic

REFERENCES

- Araujo, D., and Bourbousson, J. (2016). "Theoretical perspectives on interpersonal coordination for team behavior," in *Interpersonal Coordination and Performance in Social Systems*, eds P. Passos, J. Y. Chow, and K. Davids (London: Routledge), 126–139.
- Auvray, M., Lenay, C., and Stewart, J. (2009). Perceptual interactions in a minimalist virtual environment. *New Ideas Psychol.* 27, 32–47. doi: 10.1016/j.newideapsych.2007.12.002
- Avvenuti, M., Cesarini, D., and Cimino, M. G. (2013). Mars, a multi-agent system for assessing rowers' coordination via motion-based stigmergy. *Sensors* 13, 12218–12243. doi: 10.3390/s130912218

changes in the intentional modes of regulation during races or in more advanced training sessions. When one assumes that rowers learn to be an expert team by actively regulating and coordinating their activity based on what they experience as being effective, then one can question how such behavioral changes may occur without rowers having a pervasive lived experience of their joint efforts. Thus, a promising question may be to focus on team coordination training, first, by addressing how such a practice may progressively change the saliency of the participants' lived experiences of joint action and second, by addressing how it may change the behavioral signatures in which those lived experiences are anchored. Together, these questions of interest suggest that integrating lived experience with the investigation of joint action is likely to improve our understanding of how actors regulate their interaction in real time to facilitate stable and optimal forms of social functioning.

AUTHOR CONTRIBUTIONS

MR'K and JB have made substantial, direct and intellectual contribution to the work, and approved it for publication. JS and MD made substantial contributions to the analysis and the interpretation of the data. They also gave final approval of the version to be published.

FUNDING

This research was supported by a grant from the Région Pays de la Loire (ANOPACy project).

ACKNOWLEDGMENTS

The authors are indebted to Julien Lardy, Antoine Nordez, and Mathieu Feigean for their fruitful comments at various steps of the study. The authors also thank the reviewers that helped to improve the quality of this manuscript.

SUPPLEMENTARY MATERIAL

The Supplementary Material for this article can be found online at: <http://journal.frontiersin.org/article/10.3389/fpsyg.2016.00720>

- Baudouin, A., and Hawkins, D. (2004). Investigation of biomechanical factors affecting rowing performance. *J. Biomech.* 37, 969–976. doi: 10.1016/j.jbiomech.2003.11.011
- Bourbousson, J., Poizat, G., Saury, J., and Seve, C. (2011). Description of dynamic shared knowledge: an exploratory study during a competitive team sports interaction. *Ergonomics* 54, 120–138. doi: 10.1080/00140139.2010.544763
- Bourbousson, J., Poizat, G., Saury, J., and Seve, C. (2012). Temporal aspects of team cognition: a case study on concerns sharing within basketball. *J. Appl. Sport Psychol.* 24, 224–241. doi: 10.1080/10413200.2011.630059
- Bourbousson, J., R'Kiouak, M., and Eccles, D. W. (2015). The dynamics of team coordination: a social network analysis as a window to shared awareness. *Eur. J. Work Organ. Psychol.* 24, 742–760. doi: 10.1080/1359432X.2014.1001977

- Braun, V., and Clarke, V. (2006). Using thematic analysis in psychology. *Q. Res. Psychol.* 3, 77–101. doi: 10.1191/1478088706qp063oa
- Coker, J., Hume, P., and Nolte, V. (2009). “Validity of the Powerline Boat Instrumentation System,” in *Proceedings of the 27th International Conference of Biomechanics in Sports*, Limerick, 17–21.
- Cooke, N. J., Gorman, J. C., Myers, C. W., and Duran, J. L. (2013). Interactive team cognition. *Cogn. Sci.* 37, 255–285. doi: 10.1111/cogs.12009
- Davis, T. J., Brooks, T. R., and Dixon, J. A. (2016). Multi-scale interactions in interpersonal coordination. *J. Sport Health Sci.* 5, 25–34. doi: 10.1016/j.jshs.2016.01.015
- de Brouwer, A. J., de Poel, H. J., and Hofmijster, M. J. (2013). Don't rock the boat: how antiphase crew coordination affects rowing. *PLoS ONE* 8:e54996. doi: 10.1371/journal.pone.0054996
- De Jaegher, H., and Di Paolo, E. (2007). Participatory sense-making. *Phenomenol. Cogn. Sci.* 6, 485–507. doi: 10.1007/s11097-007-9076-9
- De Jaegher, H., Di Paolo, E., and Gallagher, S. (2010). Can social interaction constitute social cognition? *Trends Cogn. Sci.* 14, 441–447. doi: 10.1016/j.tics.2010.06.009
- Dunn, O. J. (1961). Multiple comparisons among means. *J. Am. Statist. Assoc.* 56, 52–64. doi: 10.1080/01621459.1961.10482090
- Eccles, D. W., and Tenenbaum, G. (2004). Why an expert team is more than a team of experts: a social-cognitive conceptualization of team coordination and communication in sport. *J. Sport Exerc. Psychol.* 26, 542–560.
- Esteves, P. T., de Oliveira, R. F., and Araújo, D. (2011). Posture-related affordances guide attacks in basketball. *Psychol. Sport Exercise* 12, 639–644. doi: 10.1016/j.psychsport.2011.06.007
- Froese, T., and Di Paolo, E. (2011). The enactive approach: theoretical sketches from cell to society. *Pragmat. Cogn.* 19, 1–36. doi: 10.1075/pc.19.1.01fro
- Froese, T., and Di Paolo, E. A. (2010). Modelling social interaction as perceptual crossing: an investigation into the dynamics of the interaction process. *Connect. Sci.* 22, 43–68. doi: 10.1080/09540090903197928
- Froese, T., Iizuka, H., and Ikegami, T. (2014a). Embodied social interaction constitutes social cognition in pairs of humans: a minimalist virtual reality experiment. *Sci. Rep.* 4:3672. doi: 10.1038/srep03672
- Froese, T., Iizuka, H., and Ikegami, T. (2014b). Using minimal human-computer interfaces for studying the interactive development of social awareness. *Front. Psychol.* 5:1061. doi: 10.3389/fpsyg.2014.01061
- Gallagher, S. (2009). Deep and dynamic interaction: response to Hanne De Jaegher. *Conscious. Cogn.* 18, 547–548. doi: 10.1016/j.concog.2008.12.010
- Hamill, J., McDermott, W. J., and Haddad, J. M. (2000). Issues in quantifying variability from a dynamical systems perspective. *J. Appl. Biomech.* 16, 407–418.
- Heath, C., Svensson, M. S., Hindmarsh, J., Luff, P., and Vom Lehn, D. (2002). Configuring awareness. *Comput. Support. Coop. Work* 11, 317–347. doi: 10.1023/A:1021247413718
- Hill, H. (2002). Dynamics of coordination within elite rowing crews: evidence from force pattern analysis. *J. Sports Sci.* 20, 101–117. doi: 10.1080/026404102317200819
- Humphrey, S. E., and Aime, F. (2014). Team microdynamics: toward an organizing approach to teamwork. *Acad. Manag. Ann.* 8, 443–503. doi: 10.1080/19416520.2014.904140
- Ishiko, T. (1971). “Biomechanics of rowing,” in *Biomechanics II*, eds J. Wartenweiler and E. Jokl (Basel: Karger), 249–252.
- Kleshnev, V. (2011). “Biomechanics of rowing,” in *Rowing Faster. Serious Training for Serious Rowers*, 2nd Edn. ed. V. Nolte (Champaign, IL: Human Kinetics), 105–121.
- Kozłowski, S. W., Chao, G. T., Grand, J. A., Braun, M. T., and Kuljanin, G. (2013). Advancing multilevel research design capturing the dynamics of emergence. *Organ. Res. Methods* 16, 581–615. doi: 10.1177/1094428113493119
- Lamb, D. H. (1989). A kinematic comparison of ergometer and on-water rowing. *Am. J. Sports Med.* 17, 367–373. doi: 10.1177/036354658901700310
- Laroche, J., Berardi, A. M., and Brangier, E. (2014). Embodiment of intersubjective time: relational dynamics as attractors in the temporal coordination of interpersonal behaviors and experiences. *Front. Psychol.* 5:1180. doi: 10.3389/fpsyg.2014.01180
- Lippens, V. (2005). “Inside the rower's mind,” in *Rowing Faster*, 1st Edn. ed. V. Nolte (Champaign, IL: Human Kinetics), 185–194.
- Lund, O., Ravn, S., and Christensen, M. K. (2012). Learning by joining the rhythm: Apprenticeship Learning in Elite Double Sculler Rowing. *Scand. Sport Stud. Forum* 3, 167–188.
- Lutz, A., Lachaux, J. P., Martinerie, J., and Varela, F. J. (2002). Guiding the study of brain dynamics by using first-person data: synchrony patterns correlate with ongoing conscious states during a simple visual task. *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.* 99, 1586–1591. doi: 10.1073/pnas.032658199
- Lutz, A., and Thompson, E. (2003). Neurophenomenology integrating subjective experience and brain dynamics in the neuroscience of consciousness. *J. Conscious. Stud.* 10, 31–52.
- Millar, S. K., Oldham, A. R., and Renshaw, I. (2013). Interpersonal, intrapersonal, extrapersonal? Qualitatively investigating coordinative couplings between rowers in Olympic sculling. *Nonlinear Dyn. Psychol. Life Sci.* 17, 425–443.
- Millar, S. K., Oldham, A. R., Hume, P. A., and Renshaw, I. (2015). Using rowers' perceptions of on-water stroke success to evaluate sculling catch efficiency variables via a boat instrumentation system. *Sports* 3, 335–345. doi: 10.3390/sports3040335
- Morrow, A. (2011). “Selecting athletes and crews,” in *Rowing Faster. Serious Training for Serious Rowers*, 2nd Edn. ed. V. Nolte (Champaign: Human Kinetics), 233–244.
- Petitmengin, C., and Bitbol, M. (2009). The validity of first-person descriptions as authenticity and coherence. *J. Conscious. Stud.* 16, 363–404.
- Pinder, R. A., Davids, K. W., Renshaw, I., and Araujo, D. (2011). Representative learning design and functionality of research and practice in sport. *J. Sport Exercise Psychol.* 33, 146–155.
- Poizat, G., Bourbousson, J., Saury, J., and Sève, C. (2012). Understanding team coordination in doubles table tennis: joint analysis of first- and third-person data. *Psychol. Sport Exercise* 13, 630–639. doi: 10.1016/j.psychsport.2012.03.008
- Rodriguez, E., George, N., Lachaux, J. P., Martinerie, J., Renault, B., and Varela, F. J. (1999). Perception's shadow: long-distance synchronization of human brain activity. *Nature* 397, 430–433. doi: 10.1038/17120
- Romero, V., Coey, C., Schmidt, R. C., and Richardson, M. J. (2012). Movement coordination or movement interference: visual tracking and spontaneous coordination modulate rhythmic movement interference. *PLoS ONE* 7:e44761. doi: 10.1371/journal.pone.0044761
- Sartre, J.-P. (1958). *Being and Nothingness: An Essay on Phenomenological Ontology*, translated by H. E. Barnes (London: Routledge).
- Schiavio, A., and Høffding, S. (2015). Playing together without communicating? A pre-reflective and enactive account of joint musical performance. *Music. Sci.* 19, 366–388. doi: 10.1177/1029864915593333
- Schmidt, R. C., Carello, C., and Turvey, M. T. (1990). Phase transitions and critical fluctuations in the visual coordination of rhythmic movements between people. *J. Exp. Psychol.* 16, 227–247. doi: 10.1037/0096-1523.16.2.227
- Schmidt, R. C., and O'Brien, B. (1997). Evaluating the dynamics of unintended interpersonal coordination. *Ecol. Psychol.* 9, 189–206. doi: 10.1207/s15326969eco0903_2
- Schmidt, R. C., and Richardson, M. J. (2008). “Dynamics of interpersonal coordination,” in *Coordination: Neural, Behavioral and Social Dynamics*, eds A. Fuchs and V. Jirsa (Berlin: Springer), 281–308.
- Schneider, E., Angst, F., and Brandt, J. D. (1978). “Biomechanics in rowing,” in *Biomechanics IV-B*, eds E. Asmussen and K. Jørgensen (Baltimore: University Park Press), 115–119.
- Sève, C., Nordez, A., Poizat, G., and Saury, J. (2013). Performance analysis in sport: Contributions from a joint analysis of athletes' experience and biomechanical indicators. *Scand. J. Med. Sci. Sports* 23, 576–584. doi: 10.1111/j.1600-0838.2011.01421.x
- Silva, P., Travassos, B., Vilar, L., Aguiar, P., Davids, K., Araujo, D., et al. (2014). Numerical relations and skill level constrain co-adaptive behaviors of agents in sports teams. *PLoS ONE* 9:e107112. doi: 10.1371/journal.pone.0107112
- Smith, R., and Draper, C. (2002). “Quantitative characteristics of coxless pair-oar rowing,” in *Proceedings of the 20th International Conference of Biomechanics in Sports*, Caceres, 263–266.
- Susi, T., and Ziemke, T. (2001). Social cognition, artefacts, and stigmergy: a comparative analysis of theoretical frameworks for the understanding of artefact-mediated collaborative activity. *Cogn. Syst. Res.* 2, 273–290. doi: 10.1016/S1389-0417(01)00053-5

- Theureau, J. (2003). "Course-of-action analysis and course-of-action centered design," in *Handbook of Cognitive Task Design*, ed. E. Hollnagel (Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum), 55–81.
- Thompson, E. (2011). Précis of mind in life: biology, phenomenology and the sciences of mind. *J. Conscious. Stud.* 18, 10–22.
- Varela, F. (1979). *Principles of Biological Autonomy*. New York, NY: North Holland.
- Varela, F., Thompson, E., and Rosch, E. (1991). *The Embodied Mind*. Cambridge: MIT Press.
- Varlet, M., and Richardson, M. J. (2015). What would be Usain Bolt's 100-meter sprint world record without Tyson Gay? Unintentional interpersonal synchronization between the two sprinters. *J. Exp. Psychol.* 41, 36–41. doi: 10.1037/a0038640
- Williams, J. G. P. (1967). "Some biomechanical aspects of rowing," in *Rowing: A Scientific Approach*, eds J. P. G. Williams and A. C. Scott (London: Kaye and Ward), 81–109.
- Wing, A. M., and Woodburn, C. (1995). The coordination and consistency of rowers in a racing eight. *J. Sports Sci.* 13, 187–197. doi: 10.1080/0264041950873222

Conflict of Interest Statement: The authors declare that the research was conducted in the absence of any commercial or financial relationships that could be construed as a potential conflict of interest.

Copyright © 2016 R'Kiouak, Sauray, Durand and Bourbousson. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (CC BY). The use, distribution or reproduction in other forums is permitted, provided the original author(s) or licensor are credited and that the original publication in this journal is cited, in accordance with accepted academic practice. No use, distribution or reproduction is permitted which does not comply with these terms.

DEUXIÈME PARTIE

LA TRANSFORMATION DES ANCRAGES

INFORMATIONNELS SOUS L'EFFET DE

CONTRAINTES EXTERNES

ÉTUDE 2

JOINT ACTION IN AN ELITE ROWING PAIR CREW AFTER INTENSIVE TEAM TRAINING: THE REINFORCEMENT OF EXTRA-PERSONAL PROCESSES

R'Kiouak, M., Saury, J., Durand, M. & Bourbousson, J.

Accepté le 10 septembre 2017, dans Human Movement Science.



Contents lists available at ScienceDirect

Human Movement Science

journal homepage: www.elsevier.com/locate/humov

Full Length Article

Joint action in an elite rowing pair crew after intensive team training: The reinforcement of extra-personal processes

Mehdi R'Kiouak^{a,*}, Jacques Saury^a, Marc Durand^b, Jérôme Bourbousson^a^a Laboratory (Movement, Interactions, Performance) (EA4334), Faculty of Sport Sciences, University of Nantes, France^b University of Geneva, Geneva, Switzerland

ARTICLE INFO

Keywords:

Interpersonal coordination
Enaction
Extrapersonal coordination
Course of action
Subjectivity-based sampling method
Stigmergy

ABSTRACT

The present study is a follow-up case report of the study from R'Kiouak and colleagues (2016). From the initial study that analyzed how individual experts rowed together while they never had practiced together, we seized here the opportunity to investigate how both rowers synchronize after having intensively practiced joint action through a national training program in which they were invited to take part. The joint action of 2 individual expert rowers, which composed a coxless pair crew, was tracked on-the-water at the end of a team-training program. We first determined how each rower experienced the joint action at each instance of oars' strokes during a 12 min race. A phenomenological analysis evidenced several categories of how rowers shared lived experiences of their joint action. From mechanical data captured through an automatic recording device, we then scrutinized the mechanical signatures that correlated with each phenomenological sample. By comparing the present case report to the initial study, results suggested that, after the training program (a) rowers shared more meaningful experience of their joint action, and (b) only the boat velocity's index contributed to explain why oars stroke were alternatively lived as effective or detrimental. The present case report thus suggests that joint action training in rowing might imply an increase in the joint sense-making activities, probably associated with a change from an inter-personal to an extra-personal meaningful mode of co-regulation of the joint action.

1. Introduction

Human collective behaviors emerge in part thanks to synchronization processes. To create, maintain and/or disrupt such synchronization, individuals regulate their behaviors with regards for what they perceive as the emerging needs of the collective activity (Bourbousson & Fortes-Bourbousson, 2016). Based on how they experience the accuracy of their real-time activity, humans adapt online by maintaining or changing their involvement. This adaptive and regulatory activity allows to obtain the states of Actor(s)/Environment (A/E) coupling that are required/expected regarding the current joint task (i.e., collective coordinative task). In the literature two very distinct processes can be found that ground the way interactors regulate their joint action, which are the inter- and extra-personal modes of co-regulation (R'kiouak, Saury, Durand, & Bourbousson, 2016).

First, the "inter-personal" mode of co-regulation accounts for individual activities that are synchronized through informational resources that are available *between* the given actors. In other words, each participant guides his/her own action and how he/she adapts to the current needs of the joint action by taking into account the behavior of his/her teammate and/or the resulting states of dyadic synchronization. In terms of the experience that each teammate makes of his/her A/E coupling, such a co-regulation implies

* Corresponding author at: 25 bis Bd Guy Mollet, BP 72206, 44322 Nantes, France.
E-mail address: mehdi.rkiouak@gmail.com (M. R'Kiouak).

<http://dx.doi.org/10.1016/j.humov.2017.09.008>

Received 12 December 2016; Received in revised form 5 September 2017; Accepted 10 September 2017
0167-9457/ © 2017 Elsevier B.V. All rights reserved.

Please cite this article as: R'Kiouak, M., Human Movement Science (2017), <http://dx.doi.org/10.1016/j.humov.2017.09.008>

that teammates are sensitive to the dynamic behavior of the partner and adapt it in this regard. For example, this mode of co-regulation is implied in interpersonal coordination of movements when participants are asked to move their limbs to achieve some expected states of dyadic synchronization (see Gipson, Gorman, & Hessler, 2016; Schmidt & Richardson, 2008 for reviews).

Second, the “extra-personal” mode of co-regulation accounts for participants adjusting the dynamics of their activity through informational resources that are available in their material and physical environment, without regard for the behaviors of the other participant(s). Such a mode of co-regulation has been well documented by Grassé (1959) in the *stigmergic* theory in the animal world. To illustrate, Grassé explained how social termites’ behaviors could exhibit complex collective properties without a direct between-agents synchronization being needed (Christensen, 2013; Dipple, Raymond, & Docherty, 2014; Susi, 2016; Theraulaz, 2014), and even without co-agents being aware of others’ activities. Such processes require that traces of others’ activities are made available within the environment or a material as the boat in rowing (Millar, Oldham, & Renshaw, 2013), and the interactors needing only to be dynamically aware of such environmental traces.

Studies in human movement science have mainly described the inter-personal mode of co-regulation, and to a lesser extent explored the stigmergic approach, even though they have suggested that discussing extra-personal mode of co-regulation should be of promising interest (Avenuti, Cesarini, & Cimino, 2013; Millar et al., 2013). To our knowledge, only one empirical study has been conducted that explored the way in which inter- and extra-personal modes of co-regulation can both occur in human collective spatiotemporal behaviors (R'kiouak et al., 2016). Adopting an enactivist approach to social coupling (Laroche, Berardi, & Brangier, 2014), the authors tracked both modes of co-regulation in a real-world rowing setting. R'kiouak et al. (2016) selected expert rowers that never practiced together and pointed out that both modes of co-regulation seemed to be alternatively achieved by the rowers in their ongoing adjustments, while each of them being inferred from distinct levels of consciousness.

To infer the given modes of co-regulation from the data, authors first performed a qualitative analysis of the lived experiences of rowers at each instant of the race, and then scrutinized the mechanical correlates of how they experienced the effectiveness of their joint action. For the most part of the race under study, the joint action of the crew was meaningless for both rowers at the level of the pre-reflective experience of their activity (i.e., the rowers did not pay attention to their joint action), while the mechanical indicators of boat velocity and coordination did not exhibit any synchronization impairment. Since no salient, meaningful experience of joint action supported these portions of the race, the results thus led authors to assume that crew coordination could be achieved through extra-personal processes in such a case. Interestingly, when the given rowers sometimes simultaneously experienced their joint action as salient, meaningful to them, the mechanical indicators that at best contributed to explain differences between strokes experienced as effective *versus* detrimental were found at the inter-personal level of analysis. In such portions of the race, authors thus proposed that meaningful inter-personal processes might have occurred, in place of the meaningless extra-personal processes that were proposed each time joint action was meaningless to them. The authors (R'kiouak et al., 2016) thus concluded that both rowers under study were capable of actively co-regulating their joint action using a meaningful inter-personal mode of co-regulation, and this mode occurring on a background of meaningless extra-personal mode of co-regulation. Based on an opportunity to renew the investigation with the same unique crew, the present study was built from these initial findings.

The present investigation replicated the same design, and was carried out with the same participants, after a national team-training program in which they were invited to take part. During the program, the rowers were intensively trained to row together, while they never had rowed together before (i.e., at the time of the initial study, called “pre-program race” in the next sections). Following principles of an action research-like design (Chein, Cook, & Harding, 1948; Whitehead & McNiff, 2006), the present study (called “post-program race” in the next sections) was conceived as an evaluation of the effects of such a program, and offered the training staff the opportunity to diagnose their interventional effects. In terms of scientific objectives, the present follow-up case report investigated how changes in inter- and extra-personal modes of co-regulation of joint action could be inferred from a mixed data design applied to a single test race, occurring after an intensive team training practice.

Our hypotheses are based on the results of previous studies that have suggested that experts can adopt a pronounced extra-personal mode of co-regulation, through a regulation of their joint action that becomes mainly meaningless (Millar et al., 2013). In this way, we hypothesized a transformation of the rowers’ joint action co-regulation in terms of (a) an enhancement of the meaningless extra-personal mode of co-regulation, as observed by an increased proportion of the race in which joint action was meaningless, and (b) a qualitative change of the meaningful co-regulation processes exhibited by rowers, evolving from inter-personal to extra-personal nature, as observed by boat level indicators being the best candidates to explain differences in salient, meaningful experiences of effectiveness by the rowers (Millar et al., 2013). Together, these expected results prognosticate both rowers having been trained to perform joint action in a more ubiquitous extra-personal mode of co-regulation, being both meaningless and meaningful.

2. Method

2.1. Participants and procedure

A junior men’s coxless pair (age: 17 years) participated in this study, with the bow rower seats to the bow of the boat and the stroke rower seats to the stern of the boat (see Fig. 1). Both participants were the same as in the initial study that served as a comparison point for the present investigation (R'kiouak et al., 2016). The data collection occurred in a single 12 min race at 18–19 strokes per min (spm) after rowers took part to an intensive national team training program that lasted one-and-a-half-month and that was conducted by the national staff. This training period consisted in 22 sessions of joint crew rowing (each of them lasting around 1 h), tightly managed by the national coach that provided individual and crew on-water feedbacks. Participants, the persons

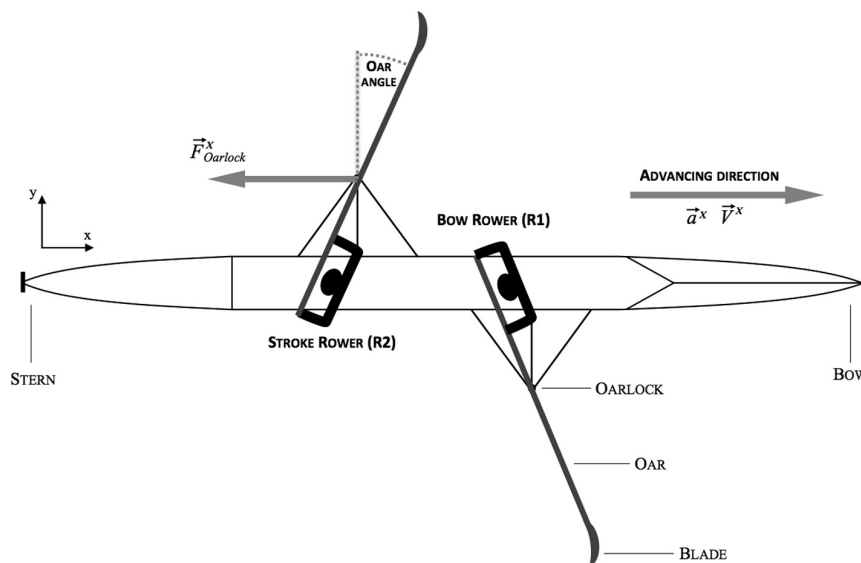


Fig. 1. Bird's-eye view of a coxless pair. The onboard measurement system (Powerline, Peach Innovation) records the components of the forces applied by the rowers to the oarlock along the x-axis (in the direction of the boat's movement), the acceleration, the speed of the boat, and the angle formed by the oar with the y-axis (perpendicular to the boat's movement) adapted from R'kiouak et al. (2016).

in charge of the participants and coaches provided written informed consent. The protocol was approved by the local interdisciplinary Institutional Review Board of the sports sciences faculty.

2.2. Data collection

Similar to the data collection performed in the initial study (R'kiouak et al., 2016), phenomenological data that accounted for the pre-reflective self-consciousness of the participants was first recovered through individual post-activity self-confrontation interviews with each rower (Bourbousson, R'Kiouak, & Eccles, 2015). As a reminder the enactivist approach devotes special attention to pre-reflective self-conscious phenomena, that is, the implicit ways in which a given actor experiences his/her ongoing activity. These interviews were conducted through a step-by-step video watching of the race while asking rowers to “re-experience their race” in order to describe and comment on the details the dynamics of their experience at each instant of the race (see R'kiouak et al., 2016; Theureau, 2003 for further details). Based on this verbalization data set, we were able to further characterize how the participants experienced each stroke at the pre-reflective level of self-consciousness. Each interview was fully recorded using a video camera so we able transcribe the verbal data and synchronize the rower's verbalizations collected during the self-confrontation interview with the corresponding oar strokes. The duration of the self-confrontation interviews were about one hour and fifteen minutes.

Second, behavioral data was recovered using an automatic recording device that recorded mechanical data during the races under study (Powerline system, Peach Innovations®, Cambridge, UK) at 50 Hz (Coker, Hume, & Nolte, 2009). Three measures were collected: (a) the longitudinal force applied to the oarlock by each rower, (b) the oar angle in the horizontal plane (i.e., the angle formed by the oar with the perpendicular axis to the longitudinal axis of the boat), and (c) the boat velocity and acceleration (see Fig. 1). For the angle and the force an accuracy of 2% of the full scale was registered (i.e., 1500 N for the force and 0.5° for the angle; see Coker et al., 2009). We assume that the “drive” portion (i.e., when rowers propel the boat) begins with a minimum oar angle (i.e., the catch) and ends with a maximum oar angle (i.e., the finish) and conversely for the out-of-water “recovery” portion (Seifert et al., 2017). Based on the oar angle data, the drive and the recovery portions were then delineated in two halves (Feigean, R'Kiouak, Bootsma, & Bourbousson, 2017; Sève, Nordez, Poizat, & Saury, 2013).

2.3. Data processing

2.3.1. Qualitative analysis of the phenomenological data

First, the phenomenological data obtained from the verbalizations during interviews were transcribed. We then reconstructed the ‘course-of-experience’ (i.e., the pre-reflexive consciousness) of each individual rower during the race. This procedure consisted of identifying step-by-step phenomenological experiential units chained together over time. A course-of-experience thus provides a tooled description of the phenomena experienced as meaningful by a given participant at each instant of his real-time activity (R'kiouak et al., 2016; Theureau, 2003). It thus allows a phenomenological account performed in the detail, as it allows for identifying the specific moment at which a given lived experience has occurred. Once the temporal chaining of the phenomenological experiential units was performed for each rower, both course-of-experience were further submitted to a thematic analysis

(Braun & Clarke, 2006). Thematic analysis was conducted according to standards in qualitative research; it is dedicated to capture recurrent themes that structure the phenomenological data. In the present study, it allowed to gain in generality about how each oar stroke was experienced in terms of joint action effectiveness, and to open up possibilities of comparison between individual rowers singular experiences (see Fig. 2). To perform the thematic analysis, we considered how joint action effectiveness was experienced as the criterion that drove the data schematization, defined as the extent to which rowers experienced the current state of crew functioning as needing to be changed/maintained. Through this process, typical (i.e., recurrent) experiences of joint action effectiveness were identified (i.e., considered themes) and each phenomenological experiential unit was re-labeled according to the typical experience to which it belonged (see Fig. 2). Next, the rowers' typical experiences were time synchronized in order to scrutinize to which extent rowers simultaneously and similarly experienced the effectiveness of their joint action during the ongoing performance (cf. Fig. 3).

2.3.2. Computing mechanical indicators at various levels of analysis

The raw data were filtered with a low pass Butterworth filter, with a 5 Hz cutoff frequency. To have a common starting point, all cycles were delineated regarding the stroke rower's oar stroke. Each cycle was interpolated to 101 points per cycle in order to allow inter-cycles comparisons. Mechanical indicators were processed on each stroke regarding seven cycle's scales that were (a) the full cycle, (b) the drive phase, (c) the first half of the drive, (d) the second half of the drive, (e) the full recovery phase, (f) the first half of the recovery, and (g) the second half of the recovery. At each of these cycle's scale, mechanical indicators were calculated at three levels of analysis that were individual, interpersonal, and boat levels respectively.

For the individual level of analysis the following indicators were computed: (a) the mean of force's values, based on rowers' force values captured at each instant on the pin of each oar lock in the direction of the longitudinal axis of the boat (N), (b) the standard deviation of these force's values (N), (c) the linear momentum of the force's values ($\text{kg}\cdot\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$), (d) the peak force (N) for each stroke, (e) the peak force timing, defined as the specific moment within the cycle at which the maximum force's value occurred, expressed in percentage of the considered cycle (% of the cycle), (f) the range of motion of the rowers ($^{\circ}$) captured at each instant in the horizontal plane, computed as the difference between the catch angle and the angle at which the oar leaves the water. Then, from the instantaneous values of angular velocity of the oar (i.e., computed as the first derivative of the angular position, using the central difference formula), we computed for each cycle: (g) the mean of the angular velocity of the oar ($^{\circ}\cdot\text{s}^{-1}$), and (h) the mean of the strokes' variability regarding angular velocity, computed from the standard deviation's values obtained on each cycle ($^{\circ}\cdot\text{s}^{-1}$).

At the interpersonal level of analysis, synchronization of oar angles and of peaks force were scrutinized. Regarding oar angles synchronization, the Continuous Relative Phase (CRP) between the stroke rower and the bow rower was selected (de Brouwer, de Poel, & Hofmijster, 2013; de Poel, de Brouwer, & Cuijpers, 2016; Seifert, Adé, Saury, Bourbousson, & Thouvarecq, 2016) and was calculated according to Hamill, McDermott, and Haddad (2000). 101 CRP data points (i.e., 0–100% of the cycle) were thus obtained for each cycle regarding angle. It led to the following indicators to be retained for each cycle: (a) the mean of the angle's CRP ($^{\circ}$), (b) the mean of the stroke's variability regarding the angle's CRP, computed from the standard deviation's values obtained on each cycle. We also calculated for each cycle (c) the difference between the catch angle's timing of the stroke and the bow rower, respectively (%). Regarding peaks force synchronization, we calculated: (d) the gap (i.e., captured as a difference) between each individual peak force level (N), and (e) the gap (i.e., captured as a difference) between the timing of each individual peak force (%).

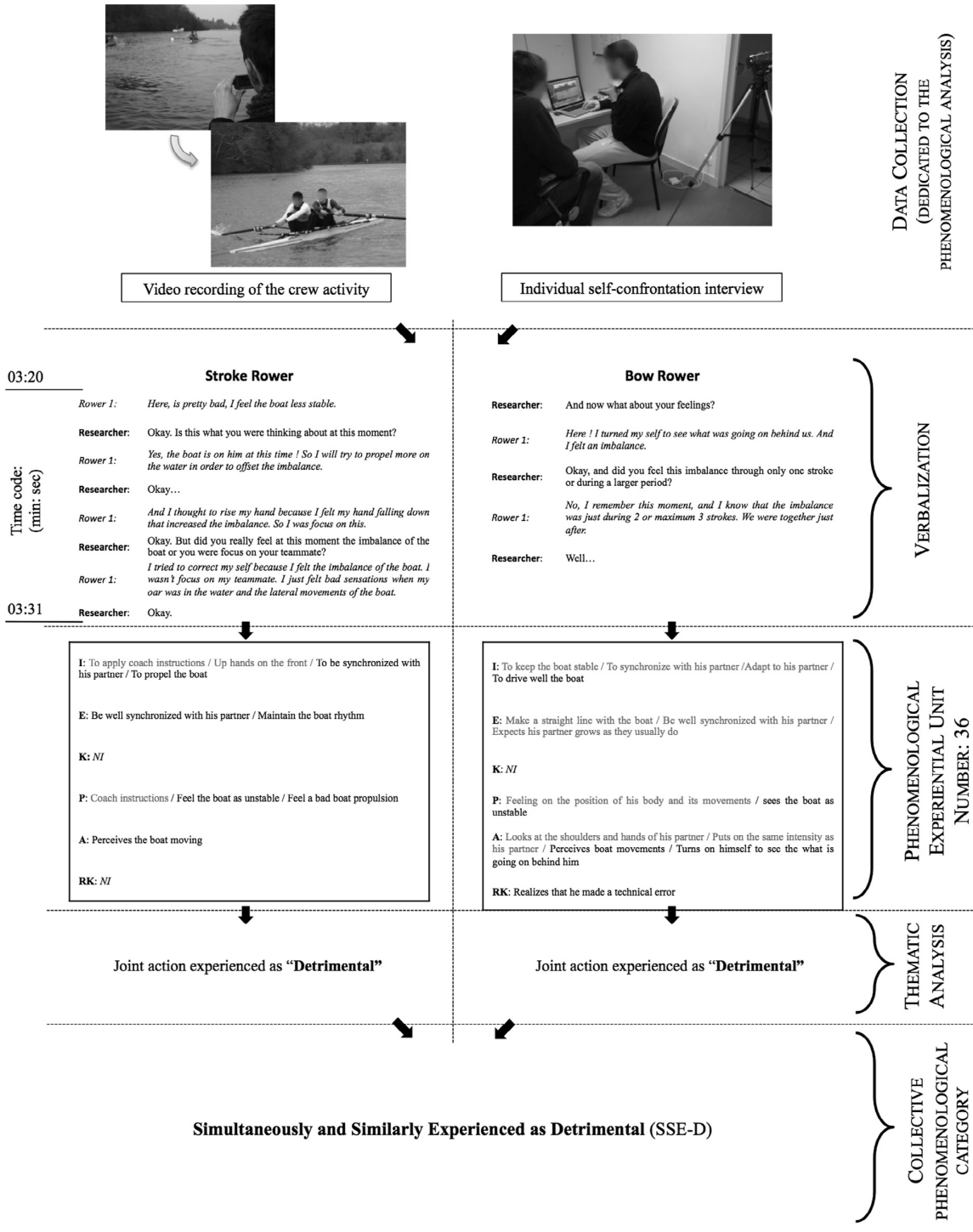
At the boat level of analysis the following indicators were retained for each cycle (a) the mean of the boat's velocity ($\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$) and (b) the mean of the boat's acceleration ($\text{m}\cdot\text{s}^{-2}$).

2.3.3. Subjectivity-based sampling method: Identifying the mechanical signatures related to the typical experiences of joint action

Mechanical samples of data were built through a subjectivity-based sampling method. This procedure involved first scrutinizing the phenomenological data (i.e., the rowers' course-of-experience) to delineate the samples of behavioral data to be compared (i.e., various ways of experiencing the strokes give rise to various delineated sections within the race that will be further processed/compared). Such a subjectivity-based sampling method has been well developed in enactivist neuroscience (e.g., Froese, Iizuka, & Ikegami, 2014a,b; Lutz, Lachaux, Martinerie, & Varela, 2002; Lutz & Thompson, 2003; Rodriguez et al., 1999). The principle is to guide the observational study (e.g., brain dynamics observation, behavioral dynamics observation) using phenomenological data collected during the same task. This procedure includes the human pre-reflective experience as a valuable facet of the activity under study and then investigates the correlated observational (i.e., behavioral) measures that support its occurrence. Based on the qualitative analysis, four collective phenomenological categories were identified: the SSE-M (i.e., Simultaneously and Similarly Experienced as Meaningless), the SSE-D (i.e., Simultaneously and Similarly Experienced as Detrimental), the SSE-E (i.e., Simultaneously and Similarly Experienced as Effective), and the SDE (i.e., Simultaneously Diverging Experiences), respectively. Then, the procedure involves delineating boundaries of mechanical samples from the course-of-experience of the rowers (see Fig. 2). To this end, the time code at which each typical experience occurred was recorded to identify all intervals falling under the same typical experience and the associated mechanical data were subsequently aggregated in corresponding samples. Various samples of mechanical data were thus obtained using this procedure, each of them assumed to reflect different ways of experiencing the joint action, that were the four collective phenomenological categories (e.g., SSE-M, SSE-D, SSE-E and SDE; see results section).

2.3.4. Statistical analysis

Statistical analysis was carried out on the mechanical properties of each of the four samples using the SPSS 17.0 statistical software package (SPSS®, Inc., Chicago, IL, USA). Descriptive statistics are reported using the mean and the standard deviation (mean \pm SD). Differences between the four categories regarding each mechanical indicator were analyzed using multiple analysis of



Note: I= Involvement in the situation, E= Expectations, K= prior mobilized Knowledge, P= Perception, A= Action, RK= Refashioned Knowledge

Fig. 2. Illustration of how the collective phenomenological categories were obtained. At the step of identifying the components of the phenomenological experiential units, words in grey are components that remain active at the considered instant, but which were delineated through front units to the current unit of experience. Words in black highlight the components that were especially identified through the present verbalizations.

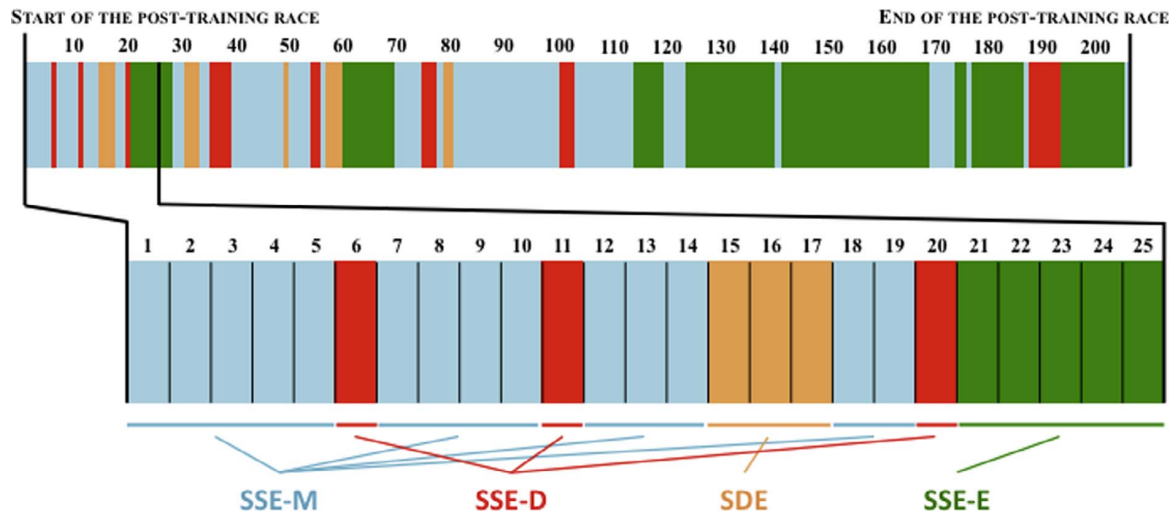


Fig. 3. Repartition of the lived experiences throughout the race, as obtained from a collective level of analysis. Note: SSE-M, Joint action Simultaneously and Similarly Experienced as Meaningless; SSE-D, Joint action Simultaneously and Similarly Experienced as Detrimental; SSE-E, Joint action Simultaneously and Similarly Experienced as Effective; SDE, Simultaneously Diverging Experiences of joint action.

variance (two-way ANOVAs) for the individual level of analysis and Kruskal-Wallis (K-W) tests for the interpersonal and boat level of analysis for each part of the cycle, in line with the statistical analyses performed in the initial study. False Discovery Rate (FDR) controlling procedure across all the ANOVA/K-W condition main effects was performed according to Benjamini and Hochberg (1995). Such a procedure was assumed to reduce/avoid type I error. As preconized by the authors (Benjamini & Hochberg, 1995) we sorted all the p -values ($N = 70$) in ascending order and considered that a fraction $q = 0.05$ of discoveries are tolerated to be false. We denoted $H_{(i)}$ the hypothesis corresponding to $p(i)$. Let k be the largest i for which $p(i) \leq \frac{i}{N}q$. Then we rejected all the null hypotheses as $H_{(i)}$, $i = 1, 2, \dots, k$.

From the FDR procedure applied to ANOVA and K-W tests, only effects shown to be significant after this procedure were retained for following post hoc analyses. For the ANOVAs, Tukey's HSD post hoc were applied to the data sets (SSE-M, SSE-D, SSE-E and SDE), with the rowers for the individual level (Rower 1 and Rower 2), as independent variables and the mechanical indicators listed above as dependent variables. When significant effects were revealed through the K-W tests, Dunn's tests were performed as Post hoc analyses, and allowed to identify the location of differences between categories (Dunn, 1961). Residuals were checked carefully for normal distribution using QQ plots. For all tests, the level of significance was fixed at $p < 0.05$.

3. Results

3.1. Proportion of strokes related to each collective phenomenological data

The phenomenological data analysis showed that the strokes in which joint action was simultaneously and similarly experienced as "meaningless" by the participants (i.e., SSE-M sample) accounted for 39.2% of the race ($N = 82$ strokes out of 209 strokes). The strokes in which joint action was simultaneously and similarly experienced by the participants as "detrimental" (i.e., SSE-D sample) accounted for 10% of the race's period ($N = 21$ strokes). The strokes in which joint action was simultaneously and similarly experienced by the participants as "effective" (i.e., SSE-E) accounted for 45% of the race ($N = 94$ strokes). The strokes related to simultaneous diverging experiences of the rowers (i.e., SDE sample) accounted for 5.8% of the race ($N = 12$ strokes). Fig. 3 illustrates these results.

3.2. Comparison of the four mechanical samples at three levels of analysis

The mechanical data associated with the four identified collective phenomenological categories (SSE-M, SSE-D, SSE-E, and SDE) were then submitted to further statistical analysis. The analyses aimed at identifying the level of joint action's organization (i.e., individual, interpersonal, or boat level) that could best explain the mechanical differences in the four collective phenomenological categories.

Using the FDR controlling procedure with $q = 0.05$, we compared sequentially each $p_{(i)}$ with $0.05i/70$, starting with $p_{(70)}$. The first p -value to satisfy the constraint was $p_{(3)}$ as $p(3) = 0.0012 \leq \frac{3}{70} \cdot 0.05 = 0.0021$. The null hypotheses having p -values less than or equal to 0.0021 were rejected.

3.2.1. Individual level of analysis

At the individual level of analysis, no significant difference between mechanical samples was found on any indicator (see [Supplementary Tables 1–3](#)).

3.2.2. Interpersonal level of analysis

At the interpersonal level of analysis, the K-W test pointed out a main effect of the collective phenomenological categories on the angle's continuous relative phase during both the first ($H_{(3)} = 27.633$; $p = 0.0001$) and the second half of the recovery ($H_{(3)} = 20.274$; $p = 0.0012$). The FDR controlling procedure rejected the null hypothesis for p values equal or under the threshold of $p = 0.0021$, what led us to confirm the given effects. For the first half of the recovery, the Dunn's test revealed a significant difference between SDE and SSE-E ($p < 0.001$) on the angle's continuous relative phase. For the second half of the recovery, the Dunn's test revealed a significant difference between SDE and SSE-D ($p < 0.001$) on the angle's continuous relative phase. Thus, the angle's continuous relative phase was significantly closer to 0° (i.e., in phase) in the SDE sample in comparison to the SSE-E sample, as captured during the first part of the recovery (Mean_{SDE} angle CRP = $-7.70^\circ \pm 12.17^\circ$ versus Mean_{SSE-E} angle CRP = $-11.16^\circ \pm 14.40^\circ$). The SDE sample also exhibited CRP values closer to 0° when compared to the SSE-D sample, as captured during the second part of the recovery (Mean_{SDE} angle CRP = $1.38^\circ \pm 22.45^\circ$ versus Mean_{SSE-D} angle CRP = $-15.03^\circ \pm 38.09^\circ$; see [Supplementary Table 4](#)).

3.2.3. Boat level of analysis

At the boat level of analysis, Kruskal-Wallis test was confirmed by the FDR controlling procedure, pointing out an effect of collective phenomenological category on the boat velocity ($H_{(3)} = 16.507$; p -value = 0.001). The Dunn's test revealed a significant difference between SSE-D and SSE-E ($p = 0.001$). Boat velocity was significantly higher in the SSE-D sample than in the SSE-E sample during the first part of the drive (Mean_{SSE-D} boat velocity = $2.28 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1} \pm 0.06 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ versus Mean_{SSE-E} boat velocity = $2.21 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1} \pm 0.06 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$; See [Fig. 4](#) and [Supplementary Table 5](#)).

4. Discussion

Being a follow-up case report grounded on the initial case study from [R'kiouak et al. \(2016\)](#) that analyzed how two individual experts rowed together while never having practiced together before. The present investigation seized the opportunity to investigate how the same two rowers synchronized after having intensively practiced joint action through a national training program in which they were invited to take part. Our scientific goal was to track likely changes in the inter- versus extra-personal modes of co-regulation within the activity of the given rowers (e.g., a change in the proportion of the race in which joint action was meaningless). To this end, a phenomenological analysis allowed to first scrutinize the extent to which the rowers simultaneously and similarly experienced joint action as being salient. Then the underlying modes of co-regulation were inferred from the mechanical properties that were the best candidates to explain differences between the joint sense-making modalities.

To recap, the initial study findings ([R'kiouak et al., 2016](#)) highlighted that co-regulating the crew's joint action could be either meaningful (e.g., suggesting an active co-regulation of joint action) and/or meaningless (e.g., being probably more grounded in spontaneous mutual motor entrainment). In the details, the authors pointed out that: (a) For 75.5% of the oar strokes both rowers did not pay attention to their joint action, at the level of the pre-reflective experience of their activity (i.e., SSE-M), what the authors characterized as being meaningless to the interactors; (b) 16.2% of the oar strokes were similarly and simultaneously experienced as a salient, meaningful experience of either detrimental joint action (7.4%) (SSE-D) or effective one (8.8%) (SSE-E); (c) the mechanical index that was proposed to correlate the collective phenomenological categories of a detrimental (SSE-D) or an effective (SSE-E) joint action was the differential peak force level of the rowers. This result led the authors to suggest that the salient, meaningful experience of effectiveness exhibited by both rowers were likely rooted in the interpersonal level of organization. Authors then interpreted this result as a meaningful inter-personal mode of co-regulation of their joint action. As we aimed to compare the present results with the initial ones, we further re-processed the initial mechanical data to be in accordance with the present analyzes (i.e., applying a FDR

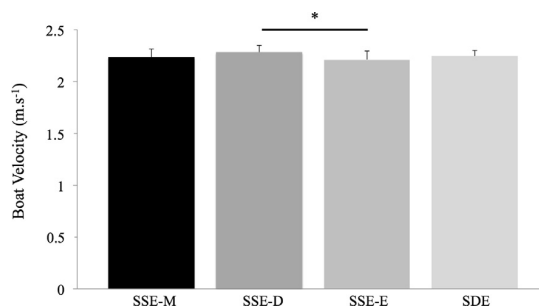


Fig. 4. Mean values and standard deviations of the boat velocity in each collective phenomenological category during the first part of the drive phase. *Note:* SSE-M, Joint action Simultaneously and Similarly Experienced as Meaningless; SSE-D, Joint action Simultaneously and Similarly Experienced as Detrimental; SSE-E, Joint action Simultaneously and Similarly Experienced as Effective; SDE, Simultaneously Diverging Experiences of joint action. Statistical significance was set to $P < 0.05$.

controlling procedure). Initial results were all confirmed (i.e., only one main effect of the collective phenomenological category on the differential of the peak force level of the rowers was found). No conclusion of the initial study required to be discussed again, thus inviting to compare the present results with the previous ones.

Obtained from on a similar design, the findings of the present follow-up case study were considered reflecting more skillful modes of co-regulation due to intensive team training (post-program race) and were expected to differ from those obtained in the initial study (pre-program race). More specifically, we expected rowers performing joint action in a ubiquitous extra-personal mode of co-regulation (i.e., when joint action is meaningful or/and meaningless to them), as observed through an increasing proportion of the race in which joint action was meaningless, and mechanical correlates of effectiveness experiences being rather found within boat-level indicators.

Regarding the qualitative analysis, the present study showed that both rowers simultaneously and similarly experienced joint action during the post-program race for 55% of their activity (i.e., merging SSE-M, SSE-E, and SSE-D samples), whereas a proportion of just 16.2% was observed at the pre-program race (R'kiouak et al., 2016). This result indicates an increase of the shared salient experiences within the given crew and suggests that shared salient experiences were more pronounced after both rowers extensively practiced together. This finding is notable in that we expected that rowers would increase the proportion of activity in which joint action was “meaningless” during the post-program race, which was not found here. On the contrary, practicing crew functioning was apparently associated with both individual expert rowers making more shared experiences of joint action. Regarding the present results, future research should further investigate how, why and when team practicing might contribute to reduce the background in which joint action was meaningless, while this mode was hypothesized to allow them to synchronize effortlessly when rowing together for the first time during the pre-program race. However, while being unexpected with regards to expertise in rowing, this finding might be in accordance with the hypothesis proposed by Froese and Di Paolo (2011). According to these authors, real-time shared awareness of joint action depends on the dynamics of co-regulation implied in the joint movement from which it emerges so that it might be enhanced over time when teammates increase the amount of shared interaction, that is when teammates engage in repetitive shared practice (Froese et al., 2014a,b). By merging the present results from the post-program race with those of the initial pre-program race, Fig. 5 highlights how rowers’ shared salient experiences of effective/detrimental joint action evolved after training, illustrating how the amount of joint action shared awareness seemingly increased after the singular team training studied.

In the present study, mechanical analyses applied to the data related to each of the collective phenomenological categories pointed out a main effect of the collective phenomenological categories on angle’s continuous relative phase during the first and the second half of the recovery, respectively. The observed differences were between the simultaneous diverging experiences (SDE) and (a) the simultaneous and similar experiences of an effective joint action (SSE-E) during the first part of the recovery phase, and (b) the simultaneous and similar experiences of a detrimental joint action (SSE-D) during the second part of the recovery phase. These results

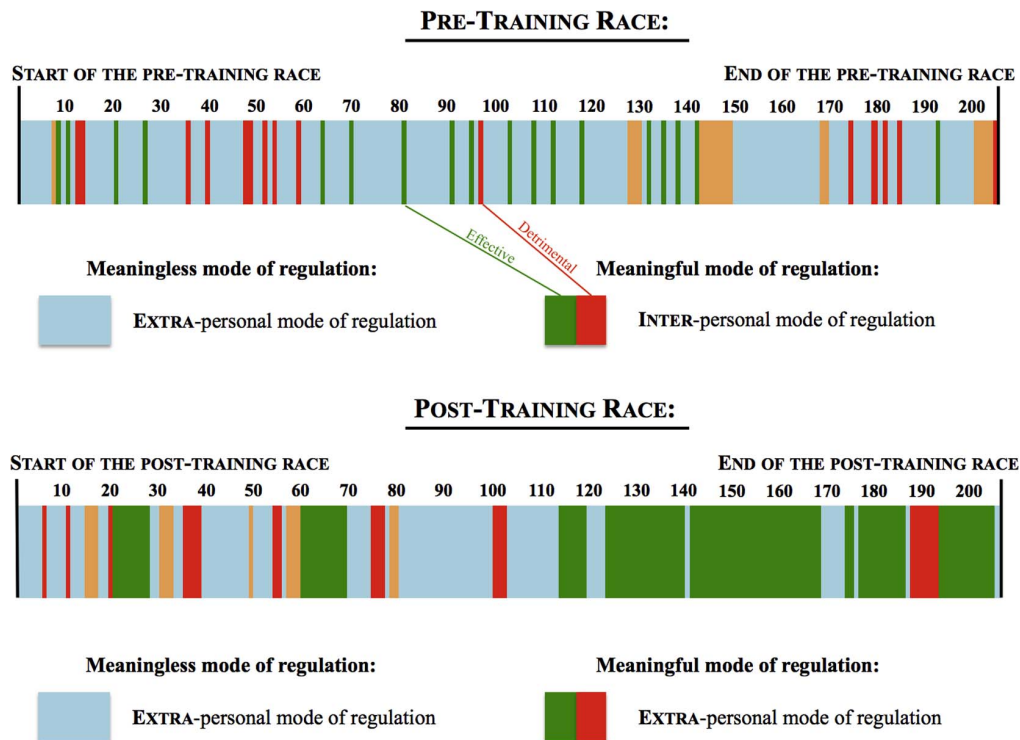


Fig. 5. Evolution of the collective phenomenological categories and the related modes of co-regulation across the period training.

mean that simultaneous diverging experiences of rowers were associated with a more locked angle's CRP, unlike what was observed when rowers similarly experienced their joint action as effective or detrimental. Higher phase locking during the recovery phase could be suggested to sign coordination patterns making it hard for rowers to be on the same page. In light of our hypotheses, the comparison between SSE-E and SSE-D allowed to suggest at which level of organization do the mechanical correlates of rowers' sense of effectiveness rely. In this regard, while the results of the pre-program race pointed out that the differential of the peak force level (i.e., captured at an inter-personal level of analysis) was the best index to explain differences between strokes experienced as effective versus detrimental, none of the retained inter-personal mechanical indices explained differences between the SSE-E and the SSE-D sample in the post-program race analyzed here. Instead, the shared meaningful experience of an effective joint action (SSE-E) could be distinguished from the detrimental one (SSE-D) with regards to the boat velocity values (i.e., captured during the first part of the drive phase of the oarlock) being lower in the SSE-E than in the SSE-D sample. Also, no significant difference was found between the collective phenomenological categories with regards to boat velocity values when considering the whole cycle. In the detail, strokes experienced here as detrimental started with a higher boat velocity, probably explaining the nature of their lived experience when both rowers did not succeed in maintaining further such velocity through full oar stroke. Thus, the results suggest that the meaningful experience of oar stroke's effectiveness was probably grounded in the ability of rowers to create and maintain a high boat velocity at the scale of the full cycle, making the task harder when the oar stroke started with a high velocity. Of note is that these results should be considered with caution since the number of oar stroke included in each sample (i.e., reflecting the phenomenological categories) changed from the pre-program to post-program race, what might have affect our capability of observing differences.

Our study thus suggests that the proposed explicative factors of the salient shared experience of the rowers' activity might be found at the boat level of analysis after training, whereas no significant insights were observed at this level of analysis during the pre-program race. Present results thus propose that the processes underlying rowers' meaningful mode of co-regulation probably changed through training. They also invite to consider that rowers' salient shared experience of effectiveness during the post-program race was, at least in part, rooted in the dynamical variations of the boat velocity, thus implying a meaningful extra-personal mode of co-regulation of their joint action after shared practice.

The switch suggested in this case study, from inter- to extra-personal co-regulation processes of coordination, might question how current research takes into account the mediating role of the environment in shaping joint action of social systems. Indeed, in the research, actors have been considered as the principal components of the systems under study, which led scholars to investigate how intra-team patterns were shaped by individual activities or by the nature of the dynamical ongoing interactions (see Araujo & Bourbousson, 2016 for details on the current available frameworks). Having focused on the intra-team cognition or behavior that emerges from interactions between actors, previous researches are scarce that have considered how the environment/context may be a background that helps to better explain how humans achieve joint action in complex and uncertain environments (see Richardson, Marsh, Isenhower, Goodman, & Schmidt, 2007 for an exception, but dedicated to the study of spontaneous collective behavior). Actually, most of the experimental studies that examined factors enabling participants' active behavioral synchronization have assumed an inter-personal mode of co-regulation, such that the role of the environment as a medium was voluntarily removed from study (Avitabile, Słowiński, Bardy, & Tsaneva-Atanasova, 2016; Marsh, Richardson, & Schmidt, 2009). As it is assumed in the various actor-environment coupling theories (Kelso, 2001; Varela, Thompson, & Rosch, 1991), the environment is considered as a very constitutive part of the behavioral system. However, in our opinion, research could better describe how this claim works and helps to understand human activity. However, while adopting another approach, Lippens (1999, 2005) suggested a model of direct and indirect interaction in rowing where the indirect interaction of the synchronization performance somewhat reflects what we call an extra-personal process of coordination. Indeed, Lippens described how the optimal run of the boat seems to be controlled by both rowers in special individual interaction with the environment: e.g., the stroke rower controls the lateral movements of the stern and the bow rower controls the stability of the stroke by using auditory reafferences. The present study thus might contribute to such a description, and illustrates how the interpersonal mediating function of material environment can be further considered in future research.

However, some studies can be found that emphasized the environment's role in human social systems and thus provided a theoretical background for extra-personal co-regulation processes. Such research relates to the field of cooperative work, for example, where authors have applied the concept of *stigmergy* to human practices (Christensen, 2008, 2013; Marsh & Onof, 2008; Parunak, 2005; Susi, 2016; Susi & Ziemke, 2001). To illustrate, stigmergic processes have been invoked to account for cases in which “actors may coordinate and integrate their cooperative efforts by acting directly on the physical traces of work [previously] accomplished by others (or themselves)” (Christensen, 2013, p. 40). Of note is that most of these works were conducted on collectives that were quite large and in which tasks were distributed in space and time, thus making the environment a clear catalyst for team behavior. In comparison, sports settings call for real-time and co-located multi-actors' coordination. In light of this literature and the present exploratory case study, lines of research on stigmergic processes in sport might be fruitfully opened, and rowing crew behavior being probably a heuristic study setting in this light. However, because the rowing task goal is to enhance/maintain the boat velocity and synchronization being only a mean to achieve it, the question remains open to know whether a change from inter- towards extra-personal mode of co-regulation would also occur in performance settings where synchronization is the task goal.

There are limitations to this study. In terms of the internal validity, the cyclical repetitive movements of rowing may question the capability of the rowers to adequately comment their activity and exactly remember each stroke during the retrospective interview. While this question remains open, rowers' accounts of their lived experiences were carefully checked regarding the video recording, the available mechanical data, and through a comprehensive verification of the consistency/relevance of what was commented by the participant. Aspects of this study also limit the generalizability of the findings because the study involved relatively small data sets, and only one crew was investigated, suggesting that the present results can be mainly transposed to other cases exhibiting similar

characteristics (e.g., crew experience, stroke-rate). Moreover, measures of phenomena occurring at the interpersonal level of rowing should be further developed, especially regarding criticisms about the use of average CRP, as recently made by Feigean and colleagues (2017) in their study of interpersonal coordination patterns in rowing. Finally, and to reiterate methodological limitations raised above, the subjectivity-based sampling method adopted here generated a difference in the number of cycles included in each sample that could have affect the results. Again, while the FDR controlling procedure was used, the very large number of ANOVAs/Kruskal-Wallis tests performed ($N = 70$) minimized the risk of having type I error.

5. Conclusions and perspectives

The subjectivity-based sampling method used here is relatively new to sports science (R'kiouak et al., 2016). In our opinion, such a method might be a promising way to sample and process performance indicators. At a time when many digital tools are available to practitioners to track every movement of the athlete (e.g., GPS devices in team sports) (Memmert, Lemmink, & Sampaio, 2016), such a method provides guidelines to investigate how the movement patterns can change through the unfolding activity, and to consider that key patterns can be identified through the use of athletes' phenomenological experiences (Seifert et al., 2016; Sève et al., 2013).

In the specific field of joint action research, two main issues can be retained: (a) the modes of co-regulation underlying a social system functioning probably change through practice, what might help to explain how a team becomes expert. Our opinion is that future research should empirically describe/discover these modes in various social systems, rather than presuppose them within the theoretical framework or the experimental design; (b) since the modes of co-regulation might change through training, future research should address how environmental constraints allow for a given mode of co-regulation to be more viable and prominent in the various settings and levels of practice of a sport. In the specific case of rowing, it could be of interest to investigate whether increasing stroke rate would be able to change such coordination processes, as suggested by some authors in the rowing literature (Cuijpers et al., 2016). Moreover, sport psychology could question whether specific kind of phenomenological experiences are facilitated/prevented by the emergence of extra-personal processes of coordination. For instance, researchers might investigate whether the well-known capability of athletes to get into the “zone” (also called flow experience) is likely to occur as joint action becomes meaningless to the athlete, like when focalizing on the material situational mediation of the boat implied in a rowing crew behavior.

Funding

This research was supported by a grant from the Région Pays de la Loire (ANOPACy project).

Acknowledgments

The authors are indebted to Julien Lardy, John Komar and Mathieu Feigean for their fruitful comments at various steps of the study. The authors also thank Jamie Gorman for his insightful comments that contribute to improve the quality of this manuscript.

Appendix A. Supplementary data

Supplementary data associated with this article can be found, in the online version, at <http://dx.doi.org/10.1016/j.humov.2017.09.008>.

References

- Araujo, D., & Bourbousson, J. (2016). Theoretical perspectives on interpersonal coordination for team behaviour. In P. Passos, K. Davids, & J. Y. Chow (Eds.), *Interpersonal coordination and performance in social systems* (pp. 126–139). London: Routledge.
- Avitabile, D., Slowiński, P., Bardy, B., & Tsaneva-Atanasova, K. (2016). Beyond in-phase and anti-phase coordination in a model of joint action. *Biological Cybernetics*, *110*(2), 201–216.
- Avvenuti, M., Cesarini, D., & Cimino, M. G. (2013). Mars, a multi-agent system for assessing rowers' coordination via motion-based stigmergy. *Sensors*, *13*(9), 12218–12243.
- Benjamini, Y., & Hochberg, Y. (1995). Controlling the false discovery rate: a practical and powerful approach to multiple testing. *Journal of the Royal Statistical Society. Series B (Methodological)*, 289–300.
- Bourbousson, J., & Fortes-Bourbousson, M. (2016). How do co-agents actively regulate their collective behavior states? *Frontiers in Psychology*, *7*, 1732.
- Bourbousson, J., R'Kiouak, M., & Eccles, D. W. (2015). The dynamics of team coordination: A social network analysis as a window to shared awareness. *European Journal of Work and Organizational Psychology*, *24*(5), 742–760.
- Braun, V., & Clarke, V. (2006). Using thematic analysis in psychology. *Qualitative Research in Psychology*, *3*(2), 77–101.
- Chen, I., Cook, S. W., & Harding, J. (1948). The field of action research. *American Psychologist*, *3*, 43–50.
- Christensen, L. R. (2008, November). The logic of practices of stigmergy: representational artifacts in architectural design. In: Proceedings of the 2008 ACM conference on Computer supported cooperative work (pp. 559–568). ACM.
- Christensen, L. R. (2013). Stigmergy in human practice: Coordination in construction work. *Cognitive Systems Research*, *21*, 40–51.
- Coker, J., Hume, P., & Nolte, V. (2009). Validity of the Powerline boat instrumentation system. In R. Anderson, D. Harrison, & I. Kenny (Eds.), *27th International conference on biomechanics in sports*, Limerick, Ireland, pp. 65–68.
- Cuijpers, L. S., Passos, P. J. M., Murgia, A., Hoogerheide, A., Lemmink, K. A. P. M., & Poel, H. J. (2016). Rocking the boat: Does perfect rowing crew synchronization reduce detrimental boat movements? *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*.
- de Brouwer, A. J., de Poel, H. J., & Hofmijster, M. J. (2013). Don't rock the boat: how antiphase crew coordination affects rowing. *PLoS One*, *8*(1), e54996.
- de Poel, H. J., de Brouwer, A. J., & Cuijpers, L. S. (2016). Crew rowing: An archetype of interpersonal coordination dynamics. In P. Passos, K. Davids, & J. Y. Chow (Eds.), *Interpersonal Coordination and Performance in Social Systems* (pp. 140–153). London: Routledge.
- Dipple, A., Raymond, K., & Docherty, M. (2014). General theory of stigmergy: Modelling stigma semantics. *Cognitive Systems Research*, *31*, 61–92.

- Dunn, O. J. (1961). Multiple comparisons among means. *Journal of the American Statistical Association*, 56, 52–64.
- Feigean, M., R'Kiouak, M., Bootsma, R. J., & Bourbousson, J. (2017). Effects of intensive crew training on individual and collective characteristics of oar movement in rowing as a coxless pair. *Frontiers in Psychology*, 8.
- Froese, T., & Di Paolo, E. (2011). The enactive approach: Theoretical sketches from cell to society. *Pragmatics & Cognition*, 19(1), 1–36.
- Froese, T., Iizuka, H., & Ikegami, T. (2014a). Embodied social interaction constitutes social cognition in pairs of humans: A minimalist virtual reality experiment. *Scientific Reports*, 4, 3672.
- Froese, T., Iizuka, H., & Ikegami, T. (2014b). Using minimal human-computer interfaces for studying the interactive development of social awareness. *Frontiers in Psychology*, 5, 1061.
- Gipson, C. L., Gorman, J. C., & Hessler, E. E. (2016). Top-down (prior knowledge) and bottom-up (perceptual modality) influences on spontaneous interpersonal synchronization. *Nonlinear Dynamics, Psychology, and Life Sciences*, 20(2), 193–222.
- Grassé, P. P. (1959). La reconstruction du nid et les coordinations interindividuelles chez *Bellicositermes natalensis* et *Cubitermes* sp. La théorie de la stigmergie: Essai d'interprétation du comportement des termites constructeurs. *Insectes Sociaux*, 6(1), 41–80.
- Hamill, J., McDermott, W. J., & Haddad, J. M. (2000). Issues in quantifying variability from a dynamical systems perspective. *Journal of Applied Biomechanics*, 16(4), 407–418.
- Kelso, J. A. S. (2001). Self-organizing dynamical systems. In N. J. Smelser, & P. B. Baltes (Eds.). *International encyclopedia of social and behavioral sciences* (pp. 13844–13850). Amsterdam: Pergamon.
- Laroche, J., Berardi, A. M., & Brangier, E. (2014). Embodiment of intersubjective time: Relational dynamics as attractors in the temporal coordination of interpersonal behaviors and experiences. *Frontiers in Psychology*, 5, 1180.
- Lippens, V. (1999). The temporal and dynamic synchronization of movement in a coxless oared shell. In P. Blaser (Vol. Ed.), *Sport Kinetics 1997: Theories of motor performance and their reflections in practice: Vol. 2*, (pp. 39–44). Hamburg: Czwalina.
- Lippens, V. (2005). Inside the rower's mind. In (1st ed.) V. Nolte (Ed.). *Rowing faster* (pp. 185–194). Champaign, IL: Human Kinetics.
- Lutz, A., Lachaux, J. P., Martinerie, J., & Varela, F. J. (2002). Guiding the study of brain dynamics by using first-person data: synchrony patterns correlate with ongoing conscious states during a simple visual task. *Proceedings of the National Academy of Science of the U.S.A.* 99, 1586–1591.
- Lutz, A., & Thompson, E. (2003). Neurophenomenology integrating subjective experience and brain dynamics in the neuroscience of consciousness. *Journal of Consciousness Studies*, 10, 31–52.
- Marsh, L., & Onof, C. (2008). Stigmergic epistemology, stigmergic cognition. *Cognitive Systems Research*, 9(1), 136–149.
- Marsh, K. L., Richardson, M. J., & Schmidt, R. C. (2009). Social connection through joint action and interpersonal coordination. *Topics in Cognitive Science*, 1(2), 320–339.
- Memmert, D., Lemmink, K. A. P. M., & Sampaio, J. (2016). Current approaches to tactical performance analyses in soccer using position data. *Sports Medicine*, 1–10.
- Millar, S. K., Oldham, A. R., & Renshaw, I. (2013). Interpersonal, intrapersonal, extrapersonal? Qualitatively investigating coordinative couplings between rowers in Olympic sculling. *Nonlinear Dynamics, Psychology and Life Sciences*, 17(3), 425–443.
- Parunak, H. V. D. (2005). A survey of environments and mechanisms for human-human stigmergy. In D. Weyns, H. Van Dyke Parunak, & F. Michel (Eds.). *Environments for multi-agent systems II* (pp. 163–186). Berlin Heidelberg: Springer.
- R'kiouak, M., Saury, J., Durand, M., & Bourbousson, J. (2016). Joint action of a pair of rowers in a race: Shared experiences of effectiveness are shaped by interpersonal mechanical states. *Frontiers in Psychology*, 7, 720.
- Richardson, M. J., Marsh, K. L., Isenhour, R. W., Goodman, J. R., & Schmidt, R. C. (2007). Rocking together: Dynamics of intentional and unintentional interpersonal coordination. *Human Movement Science*, 26(6), 867–891.
- Rodriguez, E., George, N., Lachaux, J. P., Martinerie, J., Renault, B., & Varela, F. J. (1999). Perception's shadow: long-distance synchronization of human brain activity. *Nature*, 397, 430–433.
- Schmidt, R. C., & Richardson, M. J. (2008). Dynamics of interpersonal coordination. In A. Fuchs, & V. K. Jirsa (Eds.). *Coordination: Neural, behavioral and social dynamics* (pp. 281–308). Berlin Heidelberg: Springer.
- Seifert, L., Adé, D., Saury, J., Bourbousson, J., & Thouvenecq, R. (2016). Mix of phenomenological and behavioural data to explore interpersonal coordination in outdoors activities: Examples in rowing and orienteering. In P. Passos, K. Davids, & J. Y. Chow (Eds.). *Interpersonal coordination and performance in social systems* (pp. 109–125). London: Routledge.
- Seifert, L., Lardy, J., Bourbousson, J., Adé, D., Nordez, A., Thouvenecq, R., et al. (2017). Interpersonal coordination and individual organization combined with shared phenomenological experience in rowing performance: two case studies. *Frontiers in Psychology*, 8, 75.
- Sève, C., Nordez, A., Poizat, G., & Saury, J. (2013). Performance analysis in sport: Contributions from a joint analysis of athletes' experience and biomechanical indicators. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*, 23(5), 576–584.
- Susi, T. (2016). Social cognition, artefacts, and stigmergy revisited: Concepts of coordination. *Cognitive Systems Research*, 38, 41–49.
- Susi, T., & Ziemke, T. (2001). Social cognition, artefacts, and stigmergy: A comparative analysis of theoretical frameworks for the understanding of artefact-mediated collaborative activity. *Cognitive Systems Research*, 2(4), 273–290.
- Theraulaz, G. (2014). Embracing the creativity of stigmergy in social insects. *Architectural Design*, 84, 54–59.
- Theureau, J. (2003). Course-of-action analysis and course-of-action centered design. In E. Hollnagel (Ed.). *Handbook of cognitive task design* (pp. 55–81). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Varela, F., Thompson, E., & Rosch, E. (1991). *The embodied mind*. Cambridge: MIT Press.
- Whitehead, J., & McNiff, J. (2006). *Action research: Living theory*. Sage.

ÉTUDE 3

TEAM SYNERGIES IN ROWING: HOW ACTIVE CO-REGULATION OF A
COXLESS PAIR CREW CHANGED UNDER THE EFFECT OF DIFFERENT
CADENCES

R'Kiouak, M., Gorman, J. C., Feigean, M., Saury, J., & Bourbousson, J.

Soumis dans Psychology of Sport and Exercise.

Team synergies in rowing: How active co-regulation of a coxless pair crew changed under the effect of different cadences

Mehdi R'Kiouak¹, Jamie C. Gorman², Mathieu Feigeau^{1,3}, Jacques Saury¹, and Jérôme Bourbousson¹

¹ Laboratory "Movement, Interactions, Performance", EA 4334, Faculty of Sport Sciences, University of Nantes, Nantes, France

² Systems Psychology Laboratory, School of Psychology, Georgia Institute of Technology, Atlanta, GA, United States

³ Institute of Sport Science, University of Bern, Bern, Switzerland

Acknowledgments: The study was supported by the Region Pays de la Loire (ANOPACy project).

Abstract:

While « Team synergies » have been introduced as a main topic for understanding the emergence of collective behaviors in sport (Araujo & Davids, 2016), no study has investigated the processes of « active co-regulation » between team members movements in a naturalistic joint action task. The purpose of the present case study was, to characterize such active co-regulation process in rowing, and to look at the effect of rowing cadence in changing such a process.

The behaviors of an expert female coxless-pair crew were tracked through four races with different cadences: 18 strokes per minute (C1), 24 strokes per minute (C2), 28 strokes per minute (C3) and 36.5 strokes per minute (C4). The behavioral measures were collected with the Powerline system. An adapted version of the uncontrolled manifold was applied, on the angle phase of both rowers during the drive phase, to measure an indicator of reciprocal compensation for each condition (Latash, et al., 2002). Three different portions were delimited during the stroke cycle: entry, drive and release. Hierarchical clustering was used in order to show the similarities/dissimilarities between the periods of each condition. Behavioral data was complemented with verbalization data (R'Kiouak et al., 2016) in order to describe what participants perceive, and how they actively regulate their interpersonal states within each condition. This verbalization data was processed through a qualitative thematic analysis (Braun & Clark, 2006).

The mechanical results pointed out (1) the entry looks similar for the high cadences (cluster 1= C1; cluster 2= C2, C3 and C4), (2) the drive looks dissimilar between the low and the high cadences (cluster 1= C1 and C2; cluster 2= C3 and C4), and (3) the release looks similar for the low cadence (cluster 1= C1, C2 and C3; cluster 2= C4). The phenomenological data pointed out that the experiences of the rowers are really detailed concerning the entry and release periods but rowers never talked about the drive.

Thus, the rowers changed their Leader-Follower (L-F) relationship under different cadences as an adaptation to maintain boat efficiency. Moreover, the individuals' behavioral mutual adjustments allowed rowers to maintain the stability of the continuous relative phase between their respective strokes, signing the presence of degeneracy in the rowers' social system. Finally, increases in rowers' participatory sense-making accompanied the increase in behavioral mutual adjustment.

Introduction

Social synchrony has often been explained in terms of physical interaction phenomena, such as simple pendulums clocks synchronizing their oscillations through the vibrations that they provoked and shared on the wall (Winfrey, 2001) or in biology when a species of firefly synchronized their individual flashing (Buck & Buck, 1976). Synchronization between agents is not always perfect, and often exhibits functional variability. For example, based on Von Holst (1973) initial work; Kelso (1995) pointed out that interpersonal coordination can be absolute (i.e., perfect level of synchrony) or relative (i.e., the actors are synchronized only transiently and then break apart). These forms of interpersonal coordination are not only a matter of motion but they could be explained as a kind of functional pattern that is flexibly adjusted to various constraints (Kelso, 2002) to keep a stable (or viable) collective state. Many works describe interpersonal coordination behaviors, i.e. their movements' statistical signatures, but few works have described how actors come to be coordinated and to dynamically manage the interpersonal coordination (see Bourbousson & Fortes-Bourbousson, 2016 for an opinion). This is the object of our study. To maintain and/or disrupt such synchronization, individuals regulate their behaviors with regards for what they perceive as the emerging needs of the interpersonal coordination. Thus, the behavioral management of the interpersonal coordination and how it is actively regulated by the actors (i.e., when it is meaningful to them) seems to be a promising way to better understand social interaction in the context of synchrony phenomenon.

The active (co-)regulation of the interpersonal coordination was mainly discussed in line with the so-called enactive approach. The enactive approach is a heuristic to apprehend the notion of social interaction (e.g., Araujo & Bourbousson, 2016; De Jaegher & Di Paolo, 2007; Froese & Di Paolo, 2011). First, this approach defines human activity as the product of a coupling between an actor and the environment. Moreover, the enactive approach postulates

that the human activity results from an actor-environmental coupling being asymmetrical (i.e., the actor interacts only with the perturbations to which he is sensitive, and not the whole environment) such that it takes into account the actor's situated activity of sense making. In this way, the actor constructs his "own-world", i.e. the actor point of view (Varela, Thompson & Rosch, 1991) that emerged from specific interactions with the environment. Second, to understand the social interaction, the starting point was often behavioral, in the sense that the goal is to start the investigation from the observation of non-accidental behavioral correlations (e.g., Marsh, Richardson, & Schmidt, 2009; Alderisio, Fiore, Salesse, Bardy, & Bernardo, 2017). However, to be able to speak of social interaction in the enactive sense, it is necessary to give as a situation of study the cases in which the actors actively co-regulate their interpersonal states, that is meaningfully manage their non-accidental behavioral correlations.

More specifically, the notion of co-regulation, can be defined as the simultaneous commitment of all the actors' active regulation engaged in the collective activity. Towards this idea, De Jaegher and Di Paolo (2007) suggested that co-regulation is the essential element for a strong social interaction process. Co-regulation is therefore understood to mean the way in which the interpersonal coordination takes place in situations by simultaneous adaptations of the individuals concerned. The necessity of co-regulation was tested in several studies, as in Froese, Iizuka and Ikegami (2014a, 2014b), where participants were in a situation in which they move an avatar in a minimal virtual environment made of different entities (e.g., human avatar, moving lures and fixed lures). In this design, no visual information was available except the encounter of each of the entities, with the mouse being a unique type of tactile stimulation that makes the encounters undifferentiated. In other words, their meeting provides the same sensory information. The task for the participants was to recognize the presence of their partner and to indicate it by a mouse click. This manipulation allowed testing the respective contribution of the interaction process and the individual information in the

emergence of a coordinated interaction. Results have shown that participants can recognize when the all-or-none tactile stimulation they experienced was attributable to a co-regulated encounter (i.e., when crossing the other participant's avatar) rather than a non-regulated encounter (i.e., crossing the mobile of fixed object). Furthermore, participants were shown to mutually managed to find each other when the agent with whom they co-ordinate was also actively adjusting his activity. Thus, the co-regulation could allow the subject to experience social interaction in a more powerful way, particularly in enhancing the meaningful experience of the actors implied in such a process of interaction.

As the phenomenological level of activity was shown to be very implied, the active regulation of the social interaction cannot be fully understood by the physical notion of interpersonal coordination as it was previously defined. Phenomenology of actors was thus considered an important piece of the puzzle to understand the co-regulation process, and has to be measured in order to understand the actor point of view (i.e., own world) and to advise the information that allows her/him to regulate her/his interactive motor action. As a consequence, the active co-regulation was apprehended a lot from an exclusive phenomenological approach (e.g., Bourbousson, R'Kiouak & Eccles, 2015; Lund, Ravn Christensen, 2012, 2013; Poizat, Bourbousson, Saury & Sève, 2009), without any specific tools apprehending the behavioral reality (i.e., behavioral co-regulation, behavioral mutual adjustments) (See Araujo & Bourbousson, 2016, for a review).

Here we try to describe this co-regulation of joint action, by combining behavioral indices as described from third person tools (i.e., mechanical), with the phenomenological correlates as obtained from first-person descriptions. Together, these elements should make it possible to propose a fully enactive approach of co-regulation, in the way it contributes to building a perfect synchrony, under the effect of constraints forcing the system to reorganize.

In this way, in order to empirically capture the active co-regulation (i.e., the behavioral interpersonal adjustments and the lived experiences associated), studies would benefit from articulating behavioral data and the phenomenological data. Indeed, some studies in sports attempted to articulate the behavioral data and the phenomenological activities of rowers (R'Kiouak, Saury, Durand & Bourbousson, 2016, *In press*; Seifert, Lardy, Bourbousson, Adé, Nordez, Thouvarecq & Saury, 2017). R'Kiouak and colleagues (2016) aimed to understand how a single pair of rowers co-regulate their interpersonal coordination by associating methodologically their lived experiences and their behaviors. The authors pointed out that the two rowers did not pay attention to their joint action during most of the race, however some cycles were simultaneously lived as a salient, meaningful experience of either a detrimental or an effective joint action, and the mechanical signatures diverged across the delineated phenomenological categories, suggesting that the way in which the cycles were experienced emerged from the variance in some mechanical parameters. They concluded that attempts to combine phenomenological and mechanical data should be pursued to continue the research on how individuals regulate the effectiveness of their joint action dynamics. Even if this interdisciplinary study worked on the active co-regulation, they placed the focus on the “what” to explain the similarity of judgment of a good or bad oar stroke. However, no studies have investigated the active co-regulation by searching behavioral mutual adjustments and how they are meaningfully regulated to different constraints during an ecological situation.

In this study, we hypothesized that (1) the amounts of behavioral mutual adjustments, as captured by behavioral measures, were related to different lived experiences during an ecological collective activity and (2) the actors were capable of adapting their active co-regulation to different constraints, as captured from both behavioral and phenomenological descriptions. To achieve these objectives, a sweep-oar coxless-pair crew in rowing was selected. In sweep-oar rowing, each rower operates a single oar (either on the left or on the

right) and a sweep-oar coxless-pair the crew is made of two rowers, with the bow rower being closest to the bow and the stroke rower being closest to the stern. Indeed, this boat requires interpersonal coordination in order to propel and maintain the boat velocity, and to stabilize the boat. Thus, rowers have to actively co-regulate their activities. Moreover, rowing seems to be particularly interesting to observe changes at the team scale (Feigean, R'Kiouak, Bootsma & Bourbousson, 2017), especially when implying different range of stroke rate (Cuijpers, Passos, Murgia, Hoogerheide, Lemmink & de Poel, 2016). Concerning, the phenomenological part, studies have shown that rowers were capable of providing detailed accounts of how they experienced their coordination in a real situation (i.e., R'Kiouak et al., 2016, *In press*; Seifert et al., 2016, 2017; Sève, Nordez, Poizat & Saury, 2013). In the present work, rowing was considered a powerful study setting to investigate co-regulation of interpersonal coordination states, as captured by both behavioral and phenomenological descriptions.

Method

Participants and procedure

A crew composed of two female rowers (age: 20 years) participated in this study. Both were expert in terms of collective practice: they rowed together for 5 years in coxless pair crew rowing, and they participated 2 years in a row at the French championship final. Four sessions were organized, each of them imposing a specific cadence condition: 18spm-session (stroke per minute), 24spm-session, 28spm-session and 36.5spm-session. These cadences were selected because rowers had a previous large amount of practice at these stroke rates. Indeed, the first three cadences are fixed by the French national federation as optimal cadence to use during training, and the last cadence (i.e., 36.5) is the maximal cadence that the rowers were able to perform (i.e., reflecting the cadence produced in competition). Each session was composed of 65 oar strokes, with at least 15 minutes of rest between sessions. Rowers were always asked to perform at maximal power during every stroke. The four sessions unfolded in

calm and very similar weather conditions.

This study was performed in accordance with the Declaration of Helsinki and the APA ethics guideline. A local Institutional Review Board of the university approved it. The two rowers and their coaches were informed of the procedures. The participants provided written informed consent.

Data Collection

Two distinct kinds of data were collected to account for the activity of the two rowers during each of the sessions: mechanical data was recovered and phenomenological data. Combined, these data account for how rowers adjust their movements to each other.

Mechanical Data Collection

During each session, mechanical data was collected using an automatic mechanical device, called the *Powerline* system (Peach Innovations, Cambridge, UK). This system is composed of different sensors that are directly fixed on the boat (i.e., angular sensors on each oarlock and an accelerometer fixed under the shell). Thus, the system allows collecting the mechanical data on the water and in a performance context. Two mechanical measures were captured at 50Hz (Coker, Hume and Nolte, 2009): the horizontal gate oar angle performed by each rower ($^{\circ}$), and the boat velocity ($\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$). Powerline angle sensors provide an accuracy of 0.5° (Coker, 2010). The 5 first oar strokes were removed, corresponding to the « *launch of the boat* ». Each oar cycle was considered in two sections: the drive and the recovery section. The drive section takes place in the water; during this section the boat is powered. The drive begins with the catch (i.e., with a minimum oar angle) and ends with the finish (i.e., with a maximum angle) (R'Kiouak et al., 2016, *In press*; Seifert et al., 2017). The recovery section of a stroke takes place out of the water. As the rowers did not exhibit stable signatures out of water, particularly at 18 strokes per minutes (i.e., due to balance), we focused on the drive only. All the treatments were carried out from the horizontal gate oar's angle position (i.e.,

oar's cycle) filtered with a low pass Butterworth filter, with a 6 Hz cutoff frequency. This function filters the original signal twice: in its original and reversed order to retain all phase information.

Phenomenological Data Collection

During each session, phenomenological data was collected using specific techniques of stimulated recall, called enactive interviews (Rochat, Hauw, Antonini Philippe, Crettaz von Roten & Seifert, 2017). Self-confrontation interviews allow for collecting data that accounts for how each rower lived his/her activity, at a pre-reflective level of subjective experience.

Pre-reflective self-consciousness characterizes the immediate experience that individuals make of their activity; that is, the *meaning* that emerges from their action at each instant and that supports how the course of the activity unfolds (Varela et al., 1991; Theureau, 2003). An individual can account for the meaningful part of each instant of his/her activity (i.e., he/she can *show it*, *tell it* and *comment on it*) under certain methodological conditions of interview that allows the athlete to re-enact the world in which he performed. According to the course-of-action methodology (Theureau, 2003), a self-confrontation interview invites a given actor to be confronted with behavioral traces of the activity he/she has just performed (e.g., audio-video recording). He/she is then helped to focus only on the immediate experience he/she had through specific questioning by the interviewer (Theureau, 2003). In the present study, the behavioral traces of rowers' activity were produced with online audio recordings (both rowers were equipped with microphones) and video recordings (the sessions were filmed from a boat that followed the coxless pairs). Interviews were conducted immediately after each session. The lived experience that the actors accounted for concerned their perceptions (e.g., informational flows such as visual, kinesthetic, haptic, or acoustic constraints), concerns (e.g., purposes and intentions) and actions (e.g., communications between rowers, actions with the oar). By respecting the step-by-step unfolding of the

activity, interviews allow the researcher to more fully focus on the dynamics of the individual's perceptions and concerns in the situation and the dynamics of what was meaningful for the individual at each instant. Researchers who had conducted self-confrontation interviews of this type in previous research conducted all the interviews. Each individual interview lasted around 45 minutes to 1 hour.

Data processing

Interpersonal Coordination Analysis

Mechanical data was processed first to characterize the continuous relative phase during the drive (i.e., CRP_{drive}). Second, we characterized the degree of behavioral mutual adjustments of the rowers (Latash, 2008; Latash, Scholz & Schöner, 2002).

First, continuous angular velocities were computed as the first derivative of the angular position using the central difference formula. Each stroke (i.e., cycle) was restricted to the drive section only (i.e., the first half of the cycle; Seifert et al., 2016, 2017). To allow for comparisons, each drive section was normalized to 51 points. In accordance with Hamill, McDermott and Haddad (2000), the data on angular displacements (θ_{norm}) were normalized in the interval $[-1, +1]$ and the angular velocities (ω_{norm}) were normalized in the interval $[0, +1]$ for each drive section. Then, phase angles (ϕ_{stroke} and ϕ_{bow} , in degrees) were calculated and corrected according to their quadrant (Hamill et al., 2000). In line with de Poel, de Brouwer and Cuijpers (2016), interpersonal coordination can thus be characterized through the calculation of the continuous relative phase (ϕ_{rel} , in degrees) between the oar angles of the stroke and bow rowers, respectively (considered as two oscillators).

Then, inspired by studies in the field of motor control that aimed to characterize interlimb reciprocal compensation, we developed an adapted version of the uncontrolled manifold (UCM) (Scholz & Schöner, 1999, 2014), dedicated to the task of rowing teams. We applied this procedure on the phase angle of both rowers during the drive portion so that we

created a ratio called R_V (i.e., $\text{Var}_{\text{UCM}}/\text{Var}_{\text{ORT}}$), which served as a reciprocal compensation index (see Latash, et al., 2002 for details), with respect to each portion of the drive section. R_V was calculated for each of the four data sets (i.e., sessions). Within a given cadence session, for every $\text{CRP}_{\text{drive}}$ value (i.e., composed of 51 points), the ratio R_V was computed as the variance along the UCM (Var_{UCM}) on the variance perpendicular to the UCM (Var_{ORT}). For example, at the eleventh point of the drive section, the ratio R_V is equal to the variance of each eleventh point of all the oar strokes (i.e., that compose the cadence session) along the UCM divided by the variance of each eleventh point of each oar stroke perpendicular to the UCM (see Figure 1b). In this way all the points contributing to a particular R_V value were independent. The Var_{UCM} and Var_{ORT} were computed in a new matrix, created by a rotation plot, where the UCM was parallel to the abscissa line.

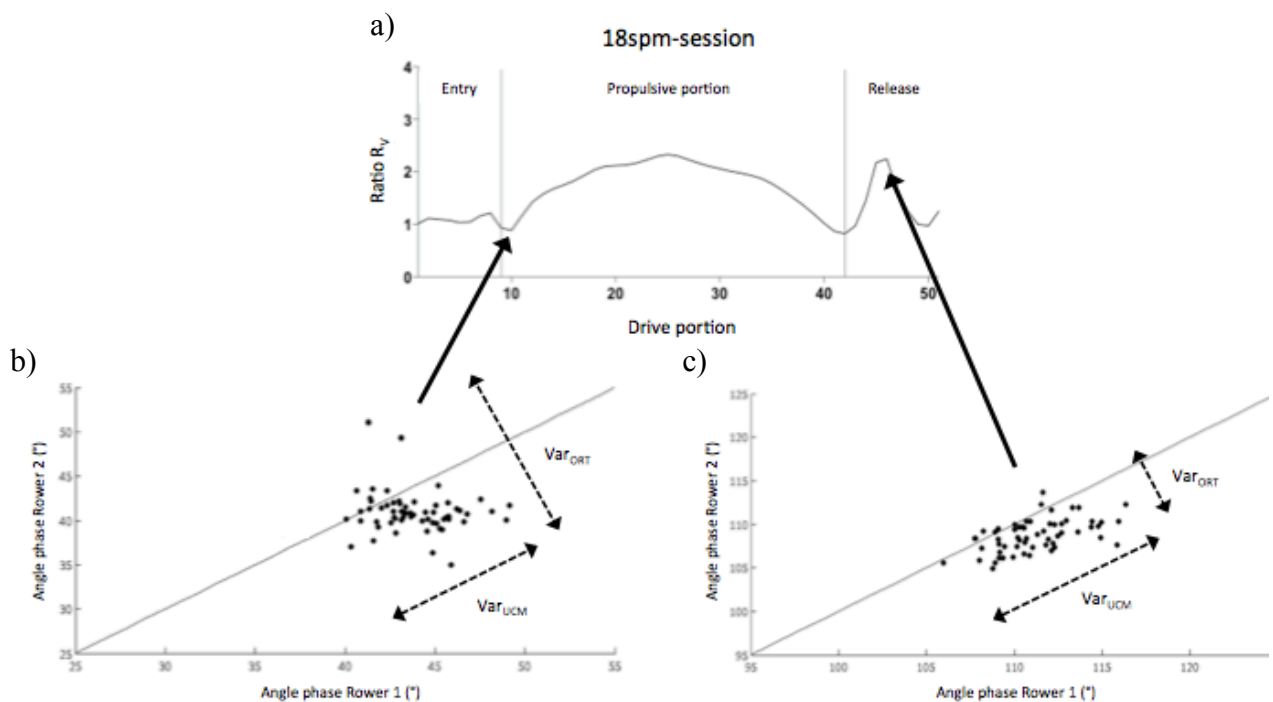


Figure 1: a) The Ratio R_V of the phase angle for the 18spm-session; b) An illustration of what a low value of the Ratio R_V means; c) An illustration of what a high value of the Ratio R_V means.

The UCM reflects a “control hypothesis” which is here the stabilization of the rowers’ coordination (i.e., a relative phase close to 0°) during the drive portion. Our implementation of UCM analysis takes into account the UCM hypothesis as Latash and colleagues (2002) or Riley and colleagues (Riley, Richardson, Shockley & Ramenzoni, 2011) have defined it (i.e., as a subspace of all possible coordinative relations for the task) and concentrates on 1:1 interpersonal synchronization between oar strokes as the control hypothesis. In this way, the method is able to show relations between variance components (i.e., the Ratio R_V) reflecting reciprocal compensation in maintaining relative phase close to zero and variance orthogonal to this control hypothesis. An improvement in performance (e.g., depending on the cadence condition) may be associated with an increase or a decrease of the R_V . Here, high values of R_V (i.e., high behavioral behavioral mutual adjustments) are comprised between 1 to 5 (see Figure 1a and Figure 1c) and low values of R_V (i.e., no behavioral behavioral mutual adjustments) are considered as less than 1 (see Figure 1b). Finally, our approach analyzes data clouds (e.g., phase angle) with respect to a particular performance variable (e.g., Relative phase) rather than components themselves. However, we assume that the control hypothesis (phase zero) is directly reflected in the relative phase measure that is analyzed.

From the Ratio R_V plots, three portions were further graphically delineated to account for the entry, the propulsive and the release portion of the drive (Coker et al., 2009), as performed by Feigean and colleagues (2017). The entry corresponded to the first 1/6 of the drive portion (i.e., the first 9 points), the propulsive portion corresponded to the next 4/6 of the drive portion (i.e., 33 points) and the release corresponded to the last 1/6 of the drive portion (i.e., the last 9 points) (see Figure 1a).

Phenomenological Analysis

The verbalization data from the self-confrontation interviews were processed according to the procedure defined in the course-of-action methodology (Theureau, 2003),

which follows a comprehensive approach and is grounded in the enactive approach (Varela et al., 1991; Araujo & Bourbousson, 2016). We therefore followed six steps (see Seifert et al., 2017 for a similar procedure). First, we generated a table containing a brief description of each rower's activity as observed from the video recording and, in others columns, the verbatim transcriptions of the self-confrontation interview.

Second, we identified the elementary units of meaning (EUMs), which are the smallest units of activity that are meaningful for an individual. A given EUM lasts until another unit begins from the point of view of the actor; its duration thus depends on the intrinsic sense-making dynamics of the rower. To illustrate, in the present study, the delineated units were close to the duration of an individual oar stroke, suggesting the importance of each oar stroke in experiencing the session.

Third, we reconstructed each rower's personal course of action, leading to the identification of the perceptions and the concerns within each EUM that were meaningful to each rower. Therefore, the reconstructions of the rowers' courses of action consisted of identifying and documenting the components of the EUMs. Three components were identified and documented in this study: the *unit of course of action*, the *perceptions* and the *concerns*. The *unit of course of action* is the fraction of pre-reflective activity that can be shown, told, and commented on by the individual. The unit of course of action may be a symbolic construct, physical action, interpretation, or emotion. *Perception* corresponds to the elements that are taken into account by the individual at a given moment, without presaging that the rowers engage his/her activity towards this perception. *Concerns* (i.e., involvement) refer to the inherent interest of the rower's current activity based on what is meaningful to him/her. In our study, we focused particularly on the "meaningfulness" of the concerns; that is, what the rowers aimed to do through their activity and in the specific setting they perceived. Therefore, concerns were considered "meaningless" when the rower could not put his/her concerns into

words or when the researcher could not reasonably infer them from the surrounding detailed data.

Fourth, we identified the *typical perceptions* and *typical concerns* of the rowers. Typical components of the actors' experience were built through a thematic analysis (Braun & Clarke, 2006) that allowed us to characterize patterns of meaning, based on recurrence and congruence of singular meanings. The thematic analysis was conducted with “what participants perceive”, and “how they actively regulate online their interpersonal states” in their mind when combining/delineating typical perceptions and concerns.

The last step consisted of *combining the phenomenological with the mechanical data*. This step consisted of determining the extent to which rowers reciprocally adjust their movements online in order to create/maintain a stable coordination under varying constraints and to which extent the rowers' adjustments reflect active or passive regulation. To this end, the degree of reciprocal compensation was scrutinized for each portion of the drive in order to account for how cadence impacted their amount of adjustments. Then, phenomenological data was used to interpret the extent to which such adjustments were governed by specific lived experiences of the rowers. These steps were performed with respect to each condition of cadence.

Statistical analysis

To analyze the mechanical data, statistical tests were applied. Analyses were carried out using the SPSS 17.0 statistical software package (SPSS, Inc., Chicago, IL, USA). First, differences between the four sessions regarding the mean CRP_{Drive} were analyzed using analysis of variance (one-way ANOVAs). Tukey's HSD post hoc were applied to the data sets (18, 24, 28 and 36.5 spm-sessions). Residuals were checked carefully for normal distribution using QQ plots and the level of significance was fixed at $p < 0.05$. Second, cluster analysis was used to identify the similarities of reciprocal compensation patterns (i.e., Ratio R_V) between

the different cadences for the three different portions of the drive. The four data sets of R_V were selected as input variables into a hierarchical cluster analysis method (Ward's linkage clustering using minimized Euclidean distances as the distancing metric). Cluster analysis was run for each portion of the drive section separately (i.e., entry, propulsion and release). This process allowed identifying the number of clusters that maximizes differences between clusters or groups and minimizes within-group differences on the dependent variables. For that purpose, the Fisher information (i.e. the ratio between inter-cluster distance and intra-cluster distance) was used to validate the number of clusters found in each portion of the drive section (i.e. the highest value of the Fisher information representing the optimal number of clusters). Cluster analysis was performed for a potential number of clusters from 2 to 3. The number of clusters was determined using the dendrogram, the agglomeration schedule coefficients, and the interpretability of the cluster solution (Aldenderfer & Blashfield, 1984).

Results

With respect to the four sessions in which subjects participated (i.e., increase of the cadence of stroke), the present section accounts for *i*) the degree of synchronization through the analysis of the magnitude of the CRP; *ii*) the reciprocal compensation performed by rowers through an analysis of our R_V parameter based on UCM; *iii*) the phenomenological account of rowers' experience through a thematic analysis; and *iv*) the matching of mechanical and phenomenological analyses.

The degree of synchronization

The magnitude of the CRP_{drive} was our measure of the degree of 1:1 synchronization. Analysis of variance showed a main effect of Session on the CRP_{Drive} , $F(3, 236) = 9.176$, $p = .00001$, $\eta^2 = .104$. Post-hoc analyses using Tukey's HSD indicated that CRP_{Drive} was higher for the 18spm-session ($\phi_{drive18} = -0.68 \pm 2.84$) than both the 28spm-session ($\phi_{drive28} = -2.86 \pm 3.12$; $p = .001$) and the 36.5spm-session ($\phi_{drive36.5} = -3.29 \pm 2.89$; $p = .0001$), though it did

not differ significantly from the 24spm-session ($\phi_{\text{drive}24} = -1.54 \pm 3.34$; $p = .427$). The post-hoc analyses also indicated that $\text{CRP}_{\text{drive}}$ was significantly higher for the 24spm-session than the 36.5spm-session ($p = .010$), whereas the $\text{CRP}_{\text{drive}}$ of the 28spm-session was not different than the 24spm-session ($p = .087$) and the 36.5spm-session ($p = .868$) (Figure 2).

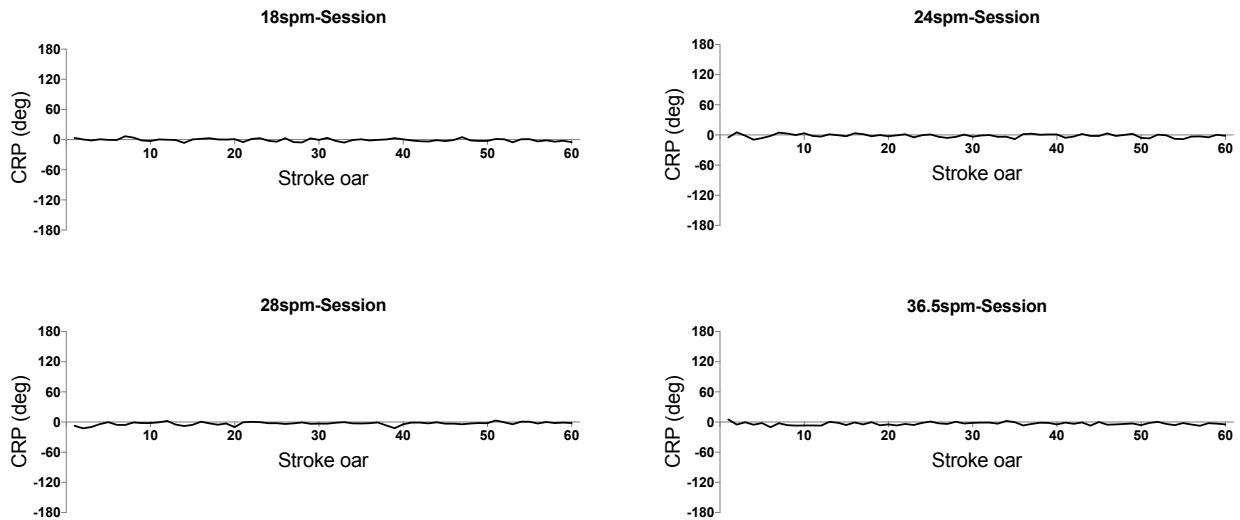


Figure 2: The $\text{CRP}_{\text{drive}}$ mean of the angle for each session

Reciprocal compensation (R_V)

As each point of the mean $\text{CRP}_{\text{drive}}$ was comprised between $-20/20^\circ$ (Figure 3) and boat velocity was not disrupted, conditions of interpersonal performance were met in order to perform the R_V analysis.

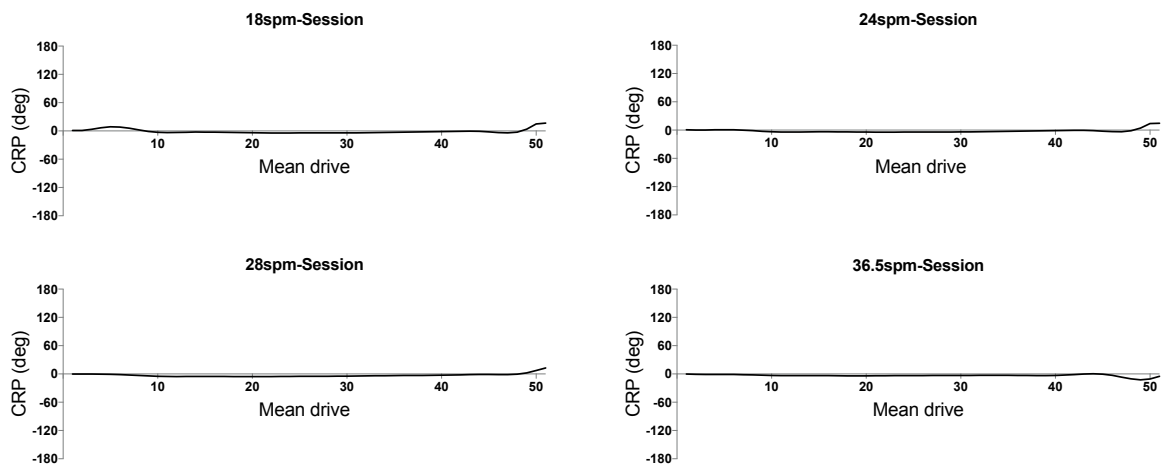


Figure 3: The mean $\text{CRP}_{\text{drive}}$ of the angle for each session

The Ratio R_V computed for every point of the drive portion with respect to each session was then submitted to a cluster analysis. Using the dendrogram a two-cluster solution was selected. The results of the cluster analysis on the mean drive Ratio R_V of the rowers' phase angle pointed out that none of the four drive Ratio R_V have the same pattern over the three portions.

For the entry, the Ratio R_V was similar across the three higher-cadence sessions (cluster 1= 24, 28 and 36.5 spm-sessions; cluster 2= 18spm-session), and a higher Ratio R_V was shown for cluster 2 (i.e., the 18spm-session). For the propulsive portion of the drive, both lower-cadence sessions exhibited a higher Ratio R_V than both higher-cadence sessions (cluster 1= 18 and 24 spm-sessions; cluster 2= 28 and 36.5 spm-sessions). For the release, the Ratio R_V was lower for the 28spm-session than for the three others sessions (cluster 1= 18, 24 and 36.5 spm-sessions; cluster 2= 28spm-session; see Figure 4).

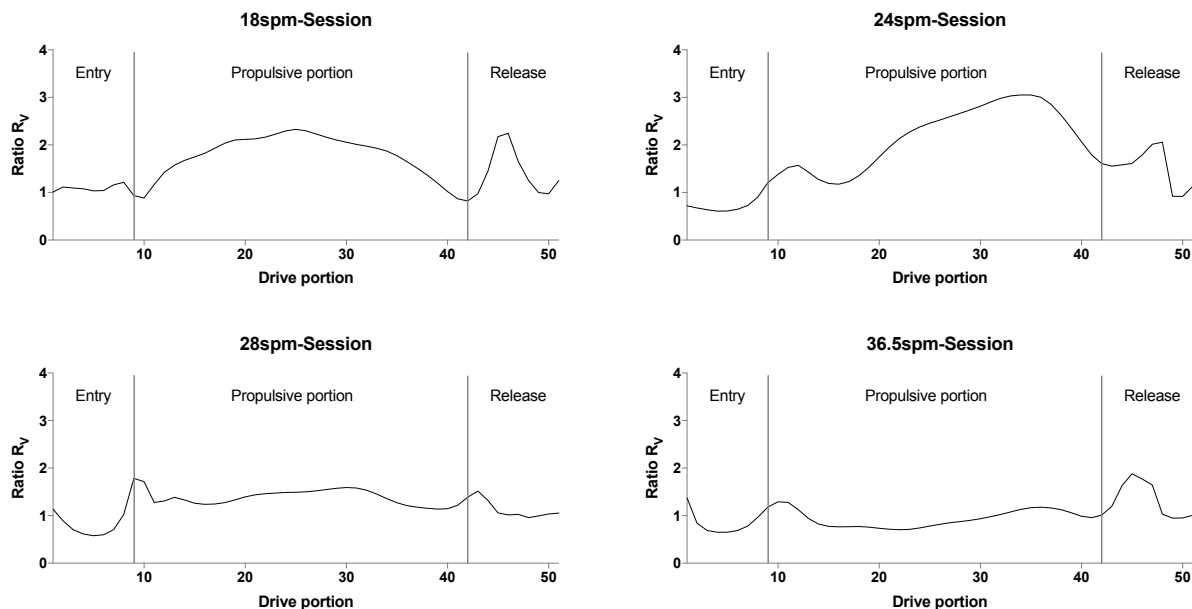


Figure 4: The Ratio R_V of the phase angle for each drive

Phenomenological account of rowers' experience

Targeting a phenomenological account of the experiences lived by the rowers, the thematic analysis identified 16 typical concerns and 21 typical perceptions during the entry and 20 typical concerns and 8 typical perceptions during the release (see Table 1 for further details)

Table 1: Illustration of the thematic analysis' results for each session

	Example of concerns:	Level of experience identified	Example of perceptions:	Level of experience identified
18spm-session				
Entry	<i>I try to feel what she does to be well together ahead [of the boat].</i>	Interpersonal	<i>To "add", ahead, because I put my legs but afterwards... I do not be necessarily very strong, because suddenly I feel too contracted.</i>	Individual
Release	<i>I know that for me, it's to push more on the back in order to well restart.</i>	Individual	<i>Yes, on the back yes, we feel that the boat slows down ... I feel it, I feel the boat goes slower.</i>	Boat
24spm-session				
Entry	<i>Yeah, I told him to "check" to reach the water together.</i>	Interpersonal	<i>Ahead, the oars' movements are faster.</i>	Interpersonal
Release	<i>I tried not to lie down too much on the back.</i>	Individual		
28spm-session				
Entry	<i>Here, it was to feed the hull. To increase the boat velocity.</i>	Boat	<i>Ahead, there are some gaps.</i>	Interpersonal
Release	<i>I tell her "to not get on my side", she is on my side and so I have the boat on me.</i>	Interpersonal	<i>It [the boat] is on me.</i>	Boat
36.5spm-session				
Entry	<i>In fact, to not be late, I shorten [the amplitude] ahead ...</i>	Interpersonal	<i>I felt that the boat was still hard.</i>	Boat
Release	<i>I thought that we were going to give a little speed to the boat by lengthening [the oar stroke].</i>	Boat	<i>I felt that we were shortening on the back.</i>	Interpersonal

The qualitative analysis shows that the phenomenological account of the rowers was very detailed at the entry and the release portions, as illustrated by the following excerpts: “Here we feel that we are less dynamic ahead” (Rower 1, Drive number 54 during the 18spm-session) and “I was trying not to go too far behind” (Rower 2, Drive number 26 during the 24spm-session). Moreover, while the rowers had as many concerns during the entry as in the release, they were more sensitive to what happened in their activity during the entry, as indicated by the prevalence of the perceptual components of their lived experience (Figure 5). Conversely, their consciousness of their lived experience was very poor during the propulsive portion of the drive: rather, rowers experienced the effectiveness of their oar stroke as an undefined whole.

The detailed documentation of the rowers’ experience during the entry and the release allowed for an identification of the level(s) of organization that supported their activity (i.e., individual, interpersonal and boat level; see Table 1). Regarding what rowers were concerned with, the entry was grounded in an interpersonal level for all sessions, in an individual level for the two lowest-cadence sessions (i.e., 18 and 24 spm-sessions), and in a boat level for the 18 and the 28 spm-sessions. Alternatively, the release was grounded in an interpersonal level for all sessions, in an individual level for the three lowest-cadence sessions, and in a boat level for all the 18, 28 and 36.5 spm-sessions.

Regarding what rowers were sensitive to (i.e., perceptual components), the entry was grounded in a boat level of organization for all the sessions, in an individual level for the 18, 24, and 36.5 spm-sessions, and in an interpersonal level for the three lowest-cadence sessions. Alternatively, the release was grounded in an individual level only for the 18spm-session, in an interpersonal level for the 18 and 36.5 spm-sessions, and in a boat level for the 18 and 28 spm-sessions.



Figure 5: Phenomenological account of the rowers about their concerns and perceptions during the entry and the release portion of each session

Combination of Mechanical and Phenomenological Data

Taken together, the mechanical and phenomenological analyses (Figures 4 and 5) converged on three points. First, entry and release are moments of increased reciprocal compensation (i.e., behavioral mutual adjustment), accompanied by very detailed lived experiences of the rowers. Second, the two lowest-cadence sessions involved more active regulation by rowers, as observed by more detailed phenomenological accounts of managing oars strokes, and the more pronounced mechanical behavioral mutual adjustment. Third, each session revealed some specificities in the activity of the rowers. The rowers in the 18spm-session exhibited a high capability of reciprocally compensating their movement, which was further supported by the increased amount of phenomenological accounts during the entry and the release, compared to the three other sessions. The rowers were not really sensitive to their release's activity in the 24spm-session while they reciprocally compensated their movement as much as in sessions of lower cadence. In the 28spm-session, though rowers were concerned

with the individual, interpersonal and boat states during the release portion, they only had awareness of the boat states. Also, rowers had less behavioral mutual adjustment of their movement than in other sessions. The 36.5spm-session was also specific in comparison with submaximal sessions. Indeed, rowers achieved synchronization by being very active in managing their interpersonal states during the entry, as in other sessions, but by grounding this management in individual and boat dynamics, unlike in other sessions. However, the mechanical behavioral mutual adjustment was similar with the 24 and 28 spm-sessions.

Discussion

The purpose of the present study was to characterize how actors compensated their movement in a real-life joint-action task when facing different constraints of cadence. The second objective was to understand how the related lived experience of their joint action helps to understand their behavioral mutual adjustments. Thus, we hypothesized that (1) the amounts of behavioral mutual adjustments, as captured by behavioral measures, were related to different lived experiences during an ecological collective activity and (2) the actors were capable of adapting their active co-regulation to different constraints, as captured from both behavioral and phenomenological descriptions. To this end we examined how a pair of rowers changed how they row together during four sessions of incrementing cadence (i.e., 18, 24, 28 and 36.5 stroke per minute). First, the degree of interpersonal synchronization was investigated to provide insights into the crew functioning at a macroscopic level of analysis. The underlying behavioral mutual adjustment performed by the rowers to maintain their synchronization was measured with an adapted version of the UCM analysis. Correspondingly, the real-time subjective concerns and perceptions of both rowers were informed through a phenomenological analysis.

Effect of incrementing cadence on interpersonal synchrony within the crew

In light of the degree of synchronization, as measured by the continuous relative phase of the rowing angles, the results revealed that the degree of synchrony changed during the drive (i.e., the portion where the oar are under water) as the cadence increased. In the 18spm-session, rowers exhibited a higher level of synchrony than in both highest-cadence sessions (i.e., 28 and 36.5spm-sessions). In the 24spm-session, rowers exhibited a lower level of synchrony than in the 36.5spm-session. In other words, there was an increased loss of absolute coordination between the rowers' behavior as the cadence increased. Generally, the changes observed in synchrony signed the coming to the fore of a small delay between oar movements of the stroke and bow rowers with respect to the increase of the cadence. Such changes can be interpreted as the crew's solution to (partially) avoid channeling the asymmetrically-rigged boat into yawing during the drive. This result follows one of the predictions of the HKB model (Haken, Kelso & Bunz, 1985) mirroring the loss of stability in individual and interpersonal coordination when movement frequency increases in the oscillating limb paradigm (Schmidt, Carello, & Turvey, 1990).

However, achieving a delay in synchrony might also sign the emergence of a leader-follower-like (L-F) role division, becoming gradually visible, depending on the cadence. Of note is that the coach asked for a specific leader-follower relationship (i.e., the stroke leads and the bow rower follows; as defined in the rowing literature, e.g., Nolte, 2011), but in the case under study the direction of the relation has not been set up for the four studied cadences. In more detail, the L-F relationship was as expected by the coach during the 18spm-session, while it was inverted when the crew rowed at highest-cadences (i.e., the bow rower led the coordination). In rowing, Seifert and colleagues (Seifert et al., 2016, 2017) suggested that a L-F relationship could emerge under the influence of external constraints such as the wind, waves, changes in the river pathway, fatigue, race strategy, and/or teammate activity. In this light, the present study illustrates how the cadence could also probably be considered as a

constraint leading to such L-F phenomena. Since cadence influenced the duration of each oar stroke, it probably led the rowers to adopt new or specific behavioral strategies to achieve efficient coordination. Acting as a constraint, imposed cadence led rowers to change the rate at which they oscillate their limbs, leading them out of their preferential rhythm and making the phase coordination to become less locked (e.g., the “detuning” hypothesis; Amazeen, Amazeen, Trefner & Turvey, 1997).

Rowers’ activity of managing their joint action

The discussion of the rowers’ activity of managing their joint action is ordered in three parts to discuss on one hand the mechanical results, and on the other hand the phenomenological results, and finally the combined results of these analyses.

The rowers’ behavioral mutual adjustment

Regarding the investigation of behavioral mutual adjustment, mechanical results pointed out that the cadence influenced differently the manner in which the rowers maintain their coordination. The results pointed out that the rowers seemed to co-regulate their movements more (a) during the entry at the 18spm-session, (b) during the propulsive portion at the 18 and 24 spm-sessions, and (c) during the release at the 28spm-session than the other sessions. These findings suggest that at the lowest-cadence the performance required a large amount of reciprocal adjustments of the rowers while the rowers co-regulated their movement to a lower extent during the higher-cadence sessions.

In this light, Hill (2002) discussed in double sculls how it is hard to maintain a mutual synchronization over a whole oar stroke during low cadences. In the same vein, Cuijpers and colleagues (2016) specified, “*crew coordination increased for the lower stroke rates (i.e., from 18 to 26 spm) but leveled at higher stroke rates (i.e., higher than 26 spm)*” (Cuijpers et al., 2016; p.6). The present findings showed that crew coordination was hardest to maintain at lower cadences and also required more behavioral mutual adjustments during the drive. When

the boat velocity was slow, it can be assumed that it was harder to keep the balance of the boat, which required more behavioral mutual adjustments by the rowers. Alternatively, one can assume that higher-cadence sessions didn't required the rowers to achieve large behavioral mutual adjustments, because of co-agents being partially coupled through mechanical entrainment (i.e., as it can be the case in a tandem-like coupling).

Moreover, as Figure 4 shows, a peak of behavioral mutual adjustment occurred over the release portion suggesting that this part of the drive was very particular for the rowers' coordination whatever the cadence. This finding can be interpreted as the crew's solution to finish the drive together and to avoid rolling movements of the boat. In others words, the release portion, where the "finish" occurred, seems to be a specific moment where rowers adjust their activity in order to compensate all imbalances due to the propulsion, external constraints and/or boat movements. In other words, as suggested by Cuijpers and colleagues (2016), high behavioral mutual adjustments observed when finishing the drive suggest the release portion might be the particular moment at which rowers overtake the entire oar stroke defect.

However, the present findings also question the study of Cuijpers and colleagues (2016) by showing that the crew synchronization was related to less roll of the boat, but increased fluctuations regarding surge, heave, and pitch. Indeed, the adapted version of the UCM used here showed that crew coordination required different amounts of behavioral mutual adjustments. Moreover, for similar values of relative phase, different forms of behavioral mutual adjustment were observed. The need for rowers to have perfect crew coordination in order to avoid boat movements, as Cuijpers and colleagues (2016) suggested, should be coupled, in future research, with the degree to which reciprocal adjustments were simultaneously performed. In other words, future research could investigate the relation between the amount of behavioral mutual adjustments and the boat efficiency rather than

merely focusing on crew synchronization.

In our mind, observing that similar values of the collective variable (i.e., close and stable crew synchronization as measured by CRP) were obtained through distinct forms of behavioral mutual adjustments in the three portions of the drive, and with respect to each session, can illustrate the “degeneracy” of the rower/rower system under study (Araujo & Davids, 2016; Seifert, Komar, Araujo & Davids, 2016). Degeneracy has been conceived as the presence of individuals’ behavioral adaptations that maintain the function and/or the viability of the system, as captured at the level of collective behavior (i.e., the collective variable). Degeneracy processes can be inferred through the observation of changes in the system component behaviors (i.e., individual actors in a social system) while no changes are reported in the macroscopic function that the system maintains. Here, rowers maintained an absolute coordination (i.e., very locked phase synchronization) by changing their own phase angle during each moment of the oar strokes, as captured by the amount of behavioral mutual adjustment. These results argue for crew rowing behavior being a good candidate to study how degeneracy operates in social system facing interacting performance constraints (e.g., cadence, preferential rhythm, balance of the boat). Thus, as hypothesized in the present study, both rowers were able to actively co-regulate their interacting behaviors, so that the stability of their collective behaviors was maintained across all drive portions, and across various cadences.

Rowers’ perceptions and concerns related to their joint action

The phenomenological account of the rowers’ activity showed that the entry and the release portions of the drive were extremely detailed in terms of concerns and perceptions reported by the participants, in comparison to the propulsive portion. Unlike the mechanical data that showed different patterns between the different portions of the drive and between the cadences, here, the phenomenological data clearly showed that rowers were more, even only,

focused on their coordination during the entry and the release portion, and this occurred for each cadence. In other words, the entry was a crucial portion where the rowers needed to be very aware of their activity, as observed by the higher amount of perceptions reported by the rowers during this portion of the drive in comparison to the release portion (for which typical perceptions were used half as much as for the entry). However, the entry was less associated with concerns to co-regulate to propel the boat, as reported by the rowers. This result highlights that both specific portions of the drive were very salient at the pre-reflective level of consciousness for the rowers during rowing performance. It can be suggested that rowers (co-) regulated their coordination on the basis of two salient moments of their whole drive phase that were just after the catch and just before the finish. Therefore, and as experienced by the rowers, the remaining portion of the drive movement (excluding entry and release) unfolded as when a swing is pushed. The propulsive portion was sufficiently entrained to let it unfold out of extensive co-regulation. In the least, considering the release portion as the preparation to the finish starting the recovery portion, the large amount of meaningful activity as observed at the catch is a key-moment for participatory sense-making while the majority of the rest of the drive portion was achieved through less meaningful co-regulation, probably facilitated by an important mechanical coupling.

Combining phenomenological and behavioral analyses

Taken together, the phenomenological and behavioral analyses question the relationship between the degree of synchronization achieved during the drive phase and the related degree of participatory sense-making. From a theoretical point of view, coupled systems may undergo changes in the level of coordination achieved over time, going from absolute to relative coordination (Von Holst, 1973). In this light, Kelso (1995) argued that absolute versus relative coordination illustrate two possible forms of dynamical synchrony. Absolute coordination is associated with a pure phase locking, in which the synchrony is

nearly faultless: the two series of events are thoroughly entrained. Relative coordination, in contrast, is achieved through more possibilities, since the coupled oscillators maintain a coordinated pattern while being not perfectly entrained. Relative coordination generally occurs when oscillators are moving at (slightly) different frequencies (e.g., Gorman, Amazeen, Crites & Gipson, 2017).

In this study, the stability of the crew coordination index suggested that the present coxless-pair crew operated, during the drive portion, with absolute coordination to propel the boat. This absolute coordination was shown to be accompanied by non-negligible behavioral mutual adjustments that allowed the given coordination to be maintained. Furthermore, high levels of participatory sense-making were found in companion to such behavioral mutual adjustments. Interestingly, De Jaegher and Di Paolo (2007) suggested that absolute coordination should be accompanied by high participatory sense-making, without any empirical evidence for such an assumption in the literature. Our results suggest that the observed peaks near point 10 (i.e., catch) in figure 4 and the peaks near point 44 (i.e., the finish) on the behavioral mutual adjustments were the same as the increased participatory sense-making phases. Thus, the present study provides empirical evidence of De Jaegher and Di Paolo's suggestion (De Jaegher & Di Paolo, 2007; Di Paolo, Rohde & De Jaegher, 2010), and goes deeper by observing that increases in participatory sense-making are related to increases in behavioral mutual adjustment, probably caused by a mutual awareness requirement. Moreover, when one considers that the release portion of the rowing cycle reflects a transition from an absolute coordination dynamics to a relative one (i.e., when oars are out of water), the hypothesis according to which transitions from distinct coordination states reflect salient moments of social encounter should be associated with enhanced participatory sense-making (Di Paolo, Rohde & De Jaegher, 2010) seems to be in accordance with our results.

In sum, and as revealed by the incrementing cadence conditions, the nature of the coordination (i.e., absolute or relative) would be probably less responsible for increases in participatory sense-making than the amount of behavioral mutual adjustment achieved by co-actors, especially when one consider that absolute coordination could be achieved through mechanical entrainment of both interactors (i.e., in a tandem-like functioning).

Limits and Conclusion

There are limitations to this study. In terms of internal validity, the cyclical repetitive movements of rowing may question the capability of the rowers to adequately comment on their activity and exactly remember each stroke during the retrospective interview. While this question remains open, rowers' accounts of their lived experiences were carefully checked using the video recording, the available mechanical data, and through a comprehensive verification of the consistency/relevance of what was commented by the participants. Aspects of this study also limit the generalizability of the findings because the study involved relatively small data sets, and only one crew was investigated, suggesting that the present results can be mainly transposed to other cases exhibiting similar characteristics (e.g., crew experience, stroke-rate).

In this article, we described the relation between behavioral mutual adjustments and meaningful co-regulation within a coxless-pair crew and how the behavioral mutual adjustment at each part of the drive portion changes under different cadences. Finally, we explored the potential of an adapted version of the UCM to contribute to the current understanding of team functioning. Among the key results was that the rowers changed their L-F relationship under different cadences as an adaptation to maintain boat efficiency. Moreover, the individuals' behavioral adaptations captured by the adapted version of the UCM (i.e., the behavioral mutual adjustments) allowed them to maintain the stability of the collective variable (i.e., CRP), signing the presence of degeneracy in the rowers' social

system. Finally, increases in rowers' participatory sense-making accompanied the increase in behavioral mutual adjustment, providing empirical support of the Di Paolo, Rohde and De Jaegher hypotheses (Di Paolo, Rohde & De Jaegher, 2010).

References

- Aldenderfer, M. S., & Blashfield, R. K. (1984). *Cluster analysis* (Quantitative Applications in the Social Sciences Series No. 44). Beverly Hills, CA: Sage.
- Alderisio, F., Fiore, G., Salesse, R. N., Bardy, B. G., & di Bernardo, M. (2017). Interaction patterns and individual dynamics shape the way we move in synchrony. *Scientific Reports*, 7.
- Amazeen, E. L., Amazeen, P. G., Treffner, P. J., & Turvey, M. T. (1997). Attention and handedness in bimanual coordination dynamics. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 23(5), 1552.
- Araujo, D., & Bourbousson, J. (2016). Theoretical perspectives on interpersonal coordination for team behaviour. In P., Passos, K., Davids, and J.Y., Chow (Eds.). *Interpersonal Coordination and Performance in Social Systems* (pp. 126-139). London: Routledge.
- Araujo, D., & Davids, K. (2016). Team synergies in sport: theory and measures. *Frontiers in psychology*, 7.
- Bourbousson, J., & Fortes-Bourbousson, M. (2016). How do Co-agents Actively Regulate their Collective Behavior States? *Frontiers in Psychology*, 7, 1732.
- Bourbousson, J., R'Kiouak, M., & Eccles, D. W. (2015). The dynamics of team coordination: A social network analysis as a window to shared awareness. *European Journal of Work and Organizational Psychology*, 24(5), 742-760.
- Braun, V., & Clarke, V. (2006). Using thematic analysis in psychology. *Qualitative research in psychology*, 3(2), 77-101.
- Buck, J., & Buck, E. (1976). Synchronous fireflies. *Scientific American*, 234, 74-85.

- Coker, J., Hume, P., & Nolte, V., 2009. Validity of the Powerline boat instrumentation system. In R. Anderson, D. Harrison, & I. Kenny (Eds.), *27th International conference on biomechanics in sports*, Limerick, Ireland, pp. 65-68.
- Cuijpers, L. S., Passos, P. J. M., Murgia, A., Hoogerheide, A., Lemmink, K. A. P. M., & de Poel, H. J. (2016). Rocking the boat: does perfect rowing crew synchronization reduce detrimental boat movements? *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*.
- De Jaegher, H., & Di Paolo, E. (2007). Participatory sense-making. *Phenomenology and the cognitive sciences*, 6(4), 485-507.
- de Poel, H.J., de Brouwer, A.J., Cuijpers, L.S., 2016. Crew rowing: An archetype of interpersonal coordination dynamics. In: Passos, P., Davids, K., Chow, J.Y. (Eds.), *Interpersonal Coordination and Performance in Social Systems Routledge*, London, pp. 140–153.
- Di Paolo, E. A., Rohde, M. & De Jaegher, H. (2010) Horizons for the enactive mind: Values, social interaction, and play. In J. Stewart, O. Gapenne & E. A. Di Paolo (Eds.), *Enaction: Toward a new paradigm for cognitive science* (pp. 33-87). Cambridge, MA: MIT Press.
- Feigean, M., R'Kiouak, M., Bootsma, R. J., & Bourbousson, J. (2017). Effects of Intensive Crew Training on Individual and Collective Characteristics of Oar Movement in Rowing as a Coxless Pair. *Frontiers in Psychology*, 8.
- Froese, T., & Di Paolo, E. (2011). The enactive approach: Theoretical sketches from cell to society. *Pragmatics & Cognition*, 19(1), 1-36.
- Froese, T., Iizuka, H., & Ikegami, T. (2014a). Embodied social interaction constitutes social cognition in pairs of humans: a minimalist virtual reality experiment. *Scientific reports*, 4:3672.

- Froese, T., Iizuka, H., & Ikegami, T. (2014b). Using minimal human-computer interfaces for studying the interactive development of social awareness. *Frontiers in Psychology*, 5:1061.
- Gorman, J. C., Amazeen, P. G., Crites, M. J., & Gipson, C. L. (2017). Deviations from mirroring in interpersonal multifrequency coordination when visual information is occluded. *Experimental brain research*, 235(4), 1209-1221.
- Haken, H., Kelso, J. S., & Bunz, H. (1985). A theoretical model of phase transitions in human hand movements. *Biological cybernetics*, 51(5), 347-356.
- Hamill, J., McDermott, W. J., & Haddad, J. M. (2000). Issues in quantifying variability from a dynamical systems perspective. *Journal of Applied Biomechanics*, 16(4), 407-418.
- Hill, H. (2002). Dynamics of coordination within elite rowing crews: evidence from force pattern analysis. *Journal of sports sciences*, 20(2), 101-117.
- Kelso, J. A. S. (1995). *Dynamic patterns: The self-organization of brain and behaviour*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Kelso, J. S. (2002). The complementary nature of coordination dynamics: Self-organization and agency. *Nonlinear Phenomena in Complex Systems*, 5(4), 364-371.
- Latash, M. L. (2008). *Synergy*. Oxford University Press.
- Latash, M. L., Scholz, J. P., & Schöner, G. (2002). Motor control strategies revealed in the structure of motor variability. *Exercise and sport sciences reviews*, 30(1), 26-31.
- Lund, O., Ravn, S., & Christensen, M. K. (2012). Learning by joining the rhythm: Apprenticeship learning in elite double sculler rowing. *Scandinavian Sport Studies Forum*, 3, 167-188.
- Lund, O., Ravn, S., & Christensen, M. K. (2013). Jumping together: apprenticeship learning among elite trampoline athletes. *Physical Education and Sport Pedagogy*, 19(4), 383-397.

- Marsh, K. L., Richardson, M. J., & Schmidt, R. C. (2009). Social connection through joint action and interpersonal coordination. *Topics in Cognitive Science, 1*(2), 320-339.
- Nolte, V. (2011). *Rowing Faster 2nd Edition*. Human Kinetics.
- Poizat, G., Bourbousson, J., Saury, J., & Sève, C. (2009). Analysis of contextual information sharing during table tennis matches: An empirical study on coordination in sports. *International Journal of Sport and Exercise Psychology, 7*, 465-487
- Riley, M. A., Richardson, M. J., Shockley, K., & Ramenzoni, V. C. (2011). Interpersonal synergies. *Frontiers in psychology, 2*.
- R'Kiouak, M., Saury, J., Durand, M., & Bourbousson, J. (2016). Joint action of a pair of rowers in a race: shared experiences of effectiveness are shaped by interpersonal mechanical states. *Frontiers in psychology, 7*.
- R'Kiouak, M., Saury, J., Durand, M., & Bourbousson, J. (*In press*). Joint action in an elite rowing pair crew after intensive team training: The reinforcement of extra-personal processes. *Human Movement Science*.
- Rochat, N., Hauw, D., Philippe, R. A., von Roten, F. C., & Seifert, L. (2017). Comparison of vitality states of finishers and withdrawers in trail running: An enactive and phenomenological perspective. *PloS one, 12*(3) : e0173667.
- Schmidt, R. C., Carello, C., & Turvey, M. T. (1990). Phase transitions and critical fluctuations in the visual coordination of rhythmic movements between people. *Journal of experimental psychology: human perception and performance, 16*(2), 227.
- Scholz, J. P., & Schöner, G. (1999). The uncontrolled manifold concept: identifying control variables for a functional task. *Experimental brain research, 126*(3), 289-306.
- Scholz, J. P., & Schöner, G. (2014). Use of the uncontrolled manifold (UCM) approach to understand motor variability, motor equivalence, and self-motion. In *Progress in Motor Control* (pp. 91-100). Springer, New York, NY.

- Seifert, L., Adé, D., Saury, J., Bourbousson, J., & Thouwarecq, R. (2016). Mix of phenomenological and behavioural data to explore interpersonal coordination in outdoors activities: Examples in rowing and orienteering. In P., Passos, K., Davids, and J.Y., Chow (Eds.). *Interpersonal Coordination and Performance in Social Systems* (pp. 109-125). London: Routledge.
- Seifert, L., Komar, J., Araujo, D., & Davids, K. (2016). Neurobiological degeneracy: a key property for functional adaptations of perception and action to constraints. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, *69*, 159-165.
- Seifert, L., Lardy, J., Bourbousson, J., Adé, D., Nordez, A., Thouwarecq, R., & Saury, J. (2017). Interpersonal coordination and individual organization combined with shared phenomenological experience in rowing performance: two case studies. *Frontiers in Psychology*, *8*, 75.
- Sève, C., Nordez, A., Poizat, G., & Saury, J. (2013). Performance analysis in sport: Contributions from a joint analysis of athletes' experience and biomechanical indicators. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*, *23*(5), 576-584.
- Theureau, J. (2003). Course-of-action analysis and course-of-action centered design. In E. Hollnagel (Ed.), *Handbook of cognitive task design* (pp. 55–81). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Varela, F. J., Thompson, E., & Rosch, E. (1991). *The embodied mind: Cognitive science and human experience*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Von Holst, E. (1973). *The collected papers of Eric von Holst: Vol. 1. The behavioral physiology of animal and man* (R. Martin, Ed. & Trans.). Coral Gables, FL: University of Miami Press. (Original work published 1939)
- Winfree, A. T. (2001). *The geometry of biological time*. London: Springer.

Thèse de Doctorat

Mehdi R'KIOUAK

« Ramer ensemble » en aviron : entre régulation inter- et extra-personnelle
Contribution à une approche enactive des couplages sociaux

"Rowing together": between inter- and extra-personal regulation in rowing
Contribution to an enactive approach of social couplings

Résumé

En s'inscrivant dans une approche éactive et interdisciplinaire de la coordination interpersonnelle (Bourbousson, 2015), cette thèse visait à mieux comprendre la manière dont des rameurs expérimentés en aviron (co-)régulaient leur activité collective en temps réel en relation avec leur bateau. Trois études de cas sur des équipages en deux de pointe sans barreur composent cette thèse.

L'Étude 1 pointe que (a) les deux rameurs faisaient rarement simultanément l'expérience de leur action conjointe, (b) certains coups de rame étaient cependant simultanément vécus comme efficaces ou non-efficaces, et (c) les rameurs régulaient activement leur activité collective en s'ajustant mutuellement aux comportements de leur partenaire (i.e., (co-)régulation interpersonnelle).

L'Étude 2 montre qu'à l'issue du programme d'entraînement (a) la proportion du nombre d'expériences simultanément vécues par les rameurs relatives à leur action conjointe avait significativement augmentée, et (b) les rameurs régulaient activement leur activité collective en s'ajustant aux variations dynamiques de leur environnement matériel commun, le bateau (i.e., (co-)régulation extra-personnelle).

L'Étude 3 pointe que les rameurs modifiaient la nature de leurs ajustements mutuels en relation avec différentes contraintes de cadence imposées. En outre, les adaptations comportementales des rameurs ont suggéré l'existence d'une propriété de « dégénérescence » (Araujo & Davids, 2016) dans le système social que constituent les rameurs. Enfin, les expériences vécues rapportées par les rameurs étaient concomitantes des moments saillants d'ajustements mutuels suggérant des formes de « participatory sense-making » dans les instants de co-régulation (Di Paolo & De Jaegher, 2010).

Mots clés :

Coordination extra-personnelle, (Co-)régulation active, Méthodologie interdisciplinaire, Stigmergie, Coordination interpersonnelle, Ajustements mutuels, Approche éactive

Abstract

By adopting an enactive and interdisciplinary approach to interpersonal coordination (Bourbousson, 2015, De Jaegher & Di Paolo, 2007), this thesis aimed to better understand the way in which experienced rowers in rowing (co-)regulated their collective activity in time in relation to the boat. Three case studies of coxless-pair crews composed this thesis.

Study 1 points out that (a) the two rowers rarely experienced simultaneous joint action at the same time, (b) there were simultaneously experienced oar strokes as effective or detrimental, and (c) suggested that rowers actively regulated their collective activity by adjusting to each other's behaviors (i.e., interpersonal (co-)regulation).

Study 2 shows that at the end of the training program (a), the proportion of the number of experiences simultaneously lived by the rowers relative to their mutual coordination significantly increased, and (b) suggested that rowers actively regulated their collective activity by adjusting to boat behavior (i.e., extra-personal (co-)regulation).

Study 3 points out that the rowers modified the nature of their mutual adjustments in relation to different imposed cadence constraints. In addition, behavioral adaptations of rowers suggested the existence of a "degeneration" property (Araujo & Davids, 2016) in the social system constituted by the rowers. Finally, the lived experiences reported by the rowers were concomitant with the salient moments of mutual adjustment, as observed in the behavioral data, suggesting participatory sense-making forms in the moments of co-regulation (Di Paolo & De Jaegher, 2010).

Key Words:

Extra-personal coordination, Active (co-)regulation, Interdisciplinary methodology, Stigmergy, Interpersonal coordination, Mutual adjustments, Enactive approach

Thèse de Doctorat

Mehdi R'KIOUAK

*Mémoire présenté en vue de l'obtention du
grade de Docteur de l'Université de Nantes
sous le sceau de l'Université Bretagne Loire*

École doctorale : ED 504 « Cognition, Éducation, Interactions »

Discipline : Sciences et Techniques des Activités Physiques et Sportives, 74^{ème} section

Spécialité : Science du Mouvement Humain / Psychologie du Sport

Unité de recherche : Laboratoire « Motricité, Interactions, Performance » (EA4334)

UFR STAPS – Université de Nantes

25 bis, boulevard Guy Mollet, BP 72206

44322 Nantes cedex 3

Soutenue le Jeudi 7 Décembre 2017

« RAMER ENSEMBLE » EN AVIRON : ENTRE RÉGULATION INTER- ET EXTRA-PERSONNELLE

CONTRIBUTION À UNE APPROCHE ÉNACTIVE DES COUPLAGES SOCIAUX

TOME 3 : ANNEXES

JURY

Président du jury	Reinoud J. BOOTSMA , Professeur des Universités, Université Aix-Marseille
Rapporteurs :	Ludovic SEIFERT , Professeur des Universités, Université de Rouen Géraldine RIX-LIÈVRE , Professeur des Universités, Université Clermont-Ferrand
Examineurs :	Reinoud J. BOOTSMA , Professeur des Universités, Université Aix-Marseille Déborah NOURRIT , Maître de Conférences, Université de Montpellier
Directeur de Thèse :	Jérôme BOURBOUSSON , Maître de Conférences-HDR, Université de Nantes
Co-directeurs de Thèse :	Jacques SAURY , Professeur des Universités, Université de Nantes Marc DURAND , Professeur Ordinaire, Université de Genève

Listes des Tableaux et Figures	5
Introduction	9
Annexe 1 : Appréhender la (co-)régulation active au sein d'un collectif à l'aide d'un échantillonnage des données comportementales par les données phénoménologiques	12
Appendice 1 : Retranscription des données phénoménologiques	14
Appendice 2 : Cours d'expérience et construction du signe hexadique	18
Appendice 3 : Synchronisation des cours d'expérience	22
Appendice 4 : Construction des catégories expérientielles	26
Appendice 5 : Corrélats mécaniques des catégories phénoménologiques collectives de l'Étude 1	32
Appendice 6 : Corrélats mécaniques des catégories phénoménologiques collectives de l'Étude 2	38
Annexe 2 : Appréhender la (co-)régulation active au sein d'un collectif à l'aide d'une analyse croisée des données comportementales et phénoménologiques	44
Appendice 7 : Analyse des données d'expérience	46
Appendice 8 : Version adaptée de l'Uncontrolled Manifold	52

LISTES DES TABLEAUX ET FIGURES

TABLEAU 1 : EXEMPLE D'UN EXTRAIT DE VERBATIM OBTENU POUR LE CHEF DE NAGE ENTRE LA 49 ^{ÈME} ET LA 69 ^{ÈME} SECONDE DE LA COURSE.....	14
TABLEAU 2 : EXEMPLE D'UN EXTRAIT DE VERBATIM OBTENU POUR LE RAMEUR N°2 ENTRE LA 49 ^{ÈME} ET LA 69 ^{ÈME} SECONDE DE LA COURSE.....	15
TABLEAU 3 : EXEMPLE DU COURS D'EXPÉRIENCE DU CHEF DE NAGE ENTRE LA 49 ^{ÈME} ET LA 69 ^{ÈME} SECONDE DE LA COURSE.....	19
TABLEAU 4 : EXEMPLE DU COURS D'EXPÉRIENCE DU RAMEUR N°2 ENTRE LA 49 ^{ÈME} ET LA 69 ^{ÈME} SECONDE DE LA COURSE.....	20
TABLEAU 5 : EXEMPLE DE SYNCHRONISATION DES COURS D'EXPÉRIENCE DU CHEF DE NAGE DU RAMEUR N°2 ENTRE LA 49 ^{ÈME} ET LA 69 ^{ÈME} SECONDE DE LA COURSE.....	23
TABLEAU 6 : THÉMATISATION DE L'EXPÉRIENCE DES RAMEURS SUR LEUR EFFICACITÉ CONJOINTE AU FIL DE LA SITUATION DE L'ÉTUDE 1.....	26
TABLEAU 7 : IDENTIFICATION DES CATÉGORIES PHÉNOMÉNOLOGIQUES COLLECTIVES ET CONSTRUCTION D'UN CODE COULEUR POUR RENDRE COMPTE DE L'EXPÉRIENCE DES RAMEURS SUR LEUR EFFICACITÉ CONJOINTE AU FIL DE LA SITUATION DE L'ÉTUDE 1.	27
TABLEAU 8 : CARACTÉRISATION DU VÉCU DES RAMEURS SUR L'EFFICACITÉ COLLECTIVE DE LEUR COUP DE RAME ENTRE LA 49 ^{ÈME} ET LA 69 ^{ÈME} SECONDE DE LA COURSE.....	27
TABLEAU 9 : CATÉGORISATION DU VÉCU DES RAMEURS SUR L'EFFICACITÉ COLLECTIVE DE LEUR COUP DE RAME ENTRE LA 49 ^{ÈME} ET LA 69 ^{ÈME} SECONDE DE LA COURSE.....	28
TABLEAU 10 : LA MOYENNE DES INDICATEURS INDIVIDUELS SUR LE CYCLE COMPLET POUR LES QUATRE CATÉGORIES EXPÉRIENTIELLES IDENTIFIÉES LORS DE LA COURSE ENTIÈRE.	32
TABLEAU 11 : LA MOYENNE DES INDICATEURS INDIVIDUELS SUR CHAQUE PARTIE DE LA PHASE DE PROPULSION POUR LES QUATRE CATÉGORIES EXPÉRIENTIELLES IDENTIFIÉES LORS DE LA COURSE ENTIÈRE.....	33
TABLEAU 12 : LA MOYENNE DES INDICATEURS INDIVIDUELS SUR CHAQUE PARTIE DE LA PHASE DE RETOUR POUR LES QUATRE CATÉGORIES EXPÉRIENTIELLES IDENTIFIÉES LORS DE LA COURSE ENTIÈRE.....	33
TABLEAU 13 : LA MOYENNE DES INDICATEURS INTERPERSONNELS SUR CHAQUE PARTIE DU CYCLE POUR LES QUATRE CATÉGORIES EXPÉRIENTIELLES IDENTIFIÉES LORS DE LA COURSE ENTIÈRE.	34
TABLEAU 14 : LA MOYENNE DES INDICATEURS À L'ÉCHELLE DU BATEAU SUR CHAQUE PARTIE DU CYCLE POUR LES QUATRE CATÉGORIES EXPÉRIENTIELLES IDENTIFIÉES LORS DE LA COURSE ENTIÈRE.	35
TABLEAU 15 : LA MOYENNE DES INDICATEURS INDIVIDUELS SUR LE CYCLE COMPLET POUR LES QUATRE CATÉGORIES EXPÉRIENTIELLES IDENTIFIÉES LORS DE LA COURSE ENTIÈRE.	38
TABLEAU 16 : LA MOYENNE DES INDICATEURS INDIVIDUELS SUR CHAQUE PARTIE DE LA PHASE DE PROPULSION POUR LES QUATRE CATÉGORIES EXPÉRIENTIELLES IDENTIFIÉES LORS DE LA COURSE ENTIÈRE.....	39
TABLEAU 17 : LA MOYENNE DES INDICATEURS INDIVIDUELS SUR CHAQUE PARTIE DE LA PHASE DE RETOUR POUR LES QUATRE CATÉGORIES EXPÉRIENTIELLES IDENTIFIÉES LORS DE LA COURSE ENTIÈRE.....	39
TABLEAU 18 : LA MOYENNE DES INDICATEURS INTERPERSONNELS SUR CHAQUE PARTIE DU CYCLE POUR LES QUATRE CATÉGORIES EXPÉRIENTIELLES IDENTIFIÉES LORS DE LA COURSE ENTIÈRE.	40
TABLEAU 19 : LA MOYENNE DES INDICATEURS À L'ÉCHELLE DU BATEAU SUR CHAQUE PARTIE DU CYCLE POUR LES QUATRE CATÉGORIES EXPÉRIENTIELLES IDENTIFIÉES LORS DE LA COURSE ENTIÈRE.	41
TABLEAU 20 : ILLUSTRATION DE L'ANALYSE DES DONNÉES PHÉNOMÉNOLOGIQUES EN CROISANT LES NIVEAUX D'ORGANISATIONS ET L'ENGAGEMENT DES RAMEURS.....	46
TABLEAU 21 : ILLUSTRATION DE L'ANALYSE DES DONNÉES PHÉNOMÉNOLOGIQUES EN CROISANT LES NIVEAUX D'ORGANISATIONS ET LA PERCEPTION DES RAMEURS.....	47

FIGURE 1 : ILLUSTRATION DE L'ÉCHANTILLONNAGE DES DONNÉES COMPORTEMENTALES PAR L'EXPÉRIENCE ENTRE LA 49 ^{ÈME} ET LA 69 ^{ÈME} SECONDE DE LA COURSE.....	29
FIGURE 2 : ILLUSTRER CE VERS QUOI LES RAMEURS SONT ENGAGÉS LORS DE L'ENTRÉE DANS L'EAU DES RAMES À LA CADENCE DE 18 COUPS PAR MINUTE.....	47
FIGURE 3 : ILLUSTRER CE VERS QUOI LES RAMEURS SONT OUVERTS (I.E., CE QU'ILS PERÇOIVENT) LORS DE L'ENTRÉE DANS L'EAU DES RAMES À LA CADENCE DE 18 COUPS PAR MINUTE.....	48
FIGURE 4 : ILLUSTRER CE VERS QUOI LES RAMEURS SONT ENGAGÉS LORS DE LA SORTIE DE L'EAU DES RAMES À LA CADENCE DE 18 COUPS PAR MINUTE.....	49
FIGURE 5 : ILLUSTRER CE VERS QUOI LES RAMEURS SONT OUVERTS (I.E., CE QU'ILS PERÇOIVENT) LORS DE LA SORTIE DE L'EAU DES RAMES À LA CADENCE DE 18 COUPS PAR MINUTE.	49
FIGURE 6 : ILLUSTRER CE VERS QUOI LES RAMEURS SONT ENGAGÉS ET OUVERTS LORS DE L'ENTRÉE ET DE LA SORTIE DE L'EAU DES RAMES POUR CHACUNE DES CADENCES.....	50
FIGURE 7 : CAPTURE D'ÉCRAN DU CODE MATLAB QUI A PERMIS DE CALCULER LE RATIO D'AJUSTEMENT MUTUEL.	53

INTRODUCTION

Le présent Tome 3 est constitué de deux annexes méthodologiques permettant d'apporter des éléments quant à notre corpus de données. Le Tome 3 a pour objectif de fournir plus d'informations sur le corpus données et sur les différentes étapes méthodologiques, adoptées lors de nos travaux de thèse. Ces informations ne sont peu, voire pas, détaillées dans le Tome 2 de cette thèse, où le format retenu correspond aux publications scientifiques.

La première annexe s'appuie sur l'Étude 1 pour illustrer les étapes successives de traitement de données menées en référence aux objets théoriques du programme de recherche du cours d'action et de la méthodologie interdisciplinaire de l'échantillonnage des données comportementales par l'expérience mobilisée. L'Étude 1 avait vocation à caractériser la nature des ancrages informationnels permettant à des rameurs de co-réguler leurs activités, et nous a plus particulièrement permis de discuter du mode de co-régulation extra-personnelle existant au sein d'un équipage junior masculin de deux de pointe sans barreur nouvellement formé dans une course en situation réelle de pratique.

La deuxième annexe s'appuie sur l'Étude 3 pour repreciser certaines étapes de recueil et de traitement de données dans l'analyse mécanique des ajustements mutuels et de l'analyse phénoménologique de la (co-)régulation active. L'Étude 3 avait vocation à caractériser la manière dont les rameurs transformaient leur coordination interpersonnelle et la (co-)régulation active de leurs activités sous l'effet de différentes cadences de rame imposées. Cette étude, nous a plus particulièrement permis de discuter de la construction de « *participatory sense-making* », lors de moments spécifiques, lorsque les rameurs ajustaient mutuellement leur mouvement.

ANNEXE 1

**UN ÉCHANTILLONNAGE DES DONNÉES
COMPORTEMENTALES PAR LES DONNÉES
PHÉNOMÉNOLOGIQUES**

Illustration à partir des Études 1 et 2

ANNEXE 1 : APPRÉHENDER LA (CO-)RÉGULATION ACTIVE AU SEIN D'UN COLLECTIF À L'AIDE D'UN ÉCHANTILLONAGE DES DONNÉES COMPORTEMENTALES PAR LES DONNÉES PHÉNOMÉNOLOGIQUES

Dans l'Étude 1, nos résultats nous ont permis d'identifier quatre catégories expérientielles sur la manière dont les rameurs faisaient l'expérience de l'efficacité conjointe de leurs coups de rame et ainsi chercher à identifier les corrélats mécaniques permettant d'expliquer les différences entre les coups de rame vécus comme efficaces et non efficaces.

L'Appendice 1 présente un extrait de verbatim, illustrant les retranscriptions obtenues des verbalisations recueillies en entretien d'autoconfrontation lors de l'Étude 1.

L'Appendice 2 présente un extrait de cours d'expérience, illustrant la construction des signes hexadiques lors de l'Étude 1.

L'Appendice 3 présente un extrait de synchronisation des cours d'expérience lors de l'Étude 1.

L'Appendice 4 présente une partie de l'analyse thématique effectuée sur les cours d'expérience, et permettant de construire les catégories expérientielles retenues pour l'échantillonnage des données mécaniques lors de l'Étude 1.

L'Appendice 5 présente les données mécaniques obtenues pour chacune des catégories expérientielles de l'Étude 1.

L'Appendice 6 présente les données mécaniques obtenues pour chacune des catégories expérientielles de l'Étude 2.

APPENDICE 1

RETRANSCRIPTION DES DONNÉES

PHÉNOMÉNOLOGIQUES

APPENDICE 1 : RETRANSCRIPTION DES DONNÉES PHÉNOMÉNOLOGIQUES

Suite à la situation de course observée, les rameurs ont été interviewés dans le but de recueillir, *a posteriori*, l'expérience qu'ils ont fait de leur activité de rame durant la situation de course étudiée. Le tableau 1 montre des extraits de verbatim illustrant les retranscriptions obtenues des verbalisations recueillies en entretien d'autoconfrontation.

Tableau 1 : Exemple d'un extrait de verbatim obtenu pour le chef de nage entre la 49^{ème} et la 69^{ème} seconde de la course.

Time code	Verbatim Chef de Nage
00 :49	<p>Chercheur : Donc là ça fait 1 minute 11 que vous avez démarré.</p> <p><i>Rameur 1 : Là c'était... Au début, ça commençait à être bien. Ça commençait à trouver un peu de stabilité, de la propulsion ensemble. Heu ... Et puis ouais c'est tout.</i></p> <p>Chercheur : Ok donc là plutôt de bonnes sensations quoi...</p> <p><i>Rameur 1 : Ouais, là ça commençait bien.</i></p>
01 :00	<p><i>Rameur 1 : Là toujours bien.</i></p> <p>Chercheur : Ok. C'est ce que tu te disais à ce moment là ? Où c'est en revoyant les images.</p> <p><i>Rameur 1 : Sur le coup je ne me le suis pas dit. Sur le coup je pensais plus à propulser et puis je commençais déjà à ressentir un peu de fatigue.</i></p> <p>Chercheur : A ouais assez vite ?</p> <p><i>Rameur 1 : Ouais, donc sur le coup je pensais pas forcément à me dire ... Je sentais la glisse du bateau mais bon ...</i></p> <p>Chercheur : Ok. Mais tu sentais quand même qu'il glissait ?</p> <p><i>Rameur 1 : Oui, je sentais un peu.</i></p> <p>Chercheur : Ok.</p>
01 :05	<p><i>Rameur 1 : Justement je cherchais vraiment à reprendre la ... à reprendre le bateau. Là c'est le moment où on tend les mains.</i></p> <p>Chercheur : Là, c'est vraiment les choses auxquelles tu penses ?</p> <p><i>Rameur 1 : Ouais, ce sont des choses sur lesquelles je me concentre un maximum et puis que l'on ma rabâché toute la sortie aussi.</i></p> <p>Chercheur : D'accord ça faisait parti des consignes de Vincent sur l'échauffement ?</p> <p><i>Rameur 1 : Ouais.</i></p>

	<p>Chercheur : Ok.</p> <p><i>Rameur 1 :</i> Là on était plus sur l'arrière quand même. Il nous a beaucoup dit là qu'il fallait rester grand sur l'arrière ensemble. Dérouler ensemble. Placer bras-corps ensemble.</p> <p>Chercheur : Donc ça c'est ce qu'il te disait là ! A ce moment là ?</p> <p><i>Rameur 1 :</i> Ouais</p> <p>Chercheur : D'accord et sur ton retour... C'est peut-être moi mais j'avais l'impression que pour le coup ...</p> <p><i>Rameur 1 :</i> Ouais, là mes mains elles ont plongé. Du coup, j'ai plongé mes mains ce qui fait que le bateau est venu sur moi et du coup ça me met en position « inconfortable » on va dire... Pour mieux exploiter à fond dans l'eau.</p> <p>Chercheur : Parce que du coup ce n'est pas des choses qui arrivent sur tous les coups de rame, ça arrive un peu de temps en temps... Quand ça t'arrive tu le vois systématiquement ? tu le ressens ?</p> <p><i>Rameur 1 :</i> Oui. Je vois quand le bateau plonge. Enfin je vois quand je plonge mes mains. Mais il y a des fois où ce n'est pas moi. Il y a des fois où... même si mes mains je les laisse à la même hauteur et que je ne les monte pas forcément. Il y a (Rameur 2) des fois qui lève un peu. Du coup automatiquement ça fait plonger mes mains.</p> <p>Chercheur : Ok, et là, c'était le cas ?</p> <p><i>Rameur 1 :</i> Non. Là c'est plus moi je pense.</p>
01 :09	

Tableau 2 : Exemple d'un extrait de verbatim obtenu pour le rameur n°2 entre la 49^{ème} et la 69^{ème} seconde de la course.

Time code	Verbatim Rameur 2
00 :54	<p>Chercheur : Et donc là tu avais la sensation que vous étiez bien ensemble à...?</p> <p><i>Rameur 2 :</i> Ouais là on commençait à être déjà un peu plus coordonné puis aussi bah plus ensemble ouais.</p> <p>Chercheur : Ouais ok. Et les objectifs que tu avais en tête, est-ce que tu les gardais ? Tu te souviens ... Tu pensais à quoi là ? Le fil de pensées que tu avais ...</p> <p><i>Rameur 2 :</i> Bah là je cherchais surtout à garder le bateau plat et maintenir la vitesse du bateau la plus élevée possible.</p> <p>Chercheur : D'accord et le bateau plat c'est à dire ...</p> <p><i>Rameur 2 :</i> Bah en fait qu'aucunes des deux pelles ne touchent l'eau et que le bateau apparaisse plat bah là (montre sur l'écran) par exemple il l'est.</p> <p>Chercheur : Ok</p>
01 :00	<p>Chercheur : Et d'un point de vue technique, toi personnellement, est-ce qu'il y avait un détails là que tu cherchais à corriger à ce moment là ?</p> <p><i>Rameur 2 :</i> Bah là on voit que mon bras extérieur n'est pas forcément tendu, en fait normalement quand on replace le bras il doit être tendu et généralement, je le laisse un peu fléchi.</p> <p>Chercheur : À ce moment là, tu le voyais ? tu essayais de le corriger ? ton bras ...</p> <p><i>Rameur 2 :</i> Ouais.</p> <p>Chercheur : Très bien</p>
01 :05	<p>Chercheur : Là on voit que le bateau tangué un peu ...Est ce que tu te souviens de ce moment ?</p> <p><i>Rameur 2 :</i> Oui,... c'est un coup de faiblesse et du coup on doit relancer sur celui d'après pour pouvoir remettre le bateau à plat ...</p>

<p>Chercheur : Et coup de faiblesse de qui ? De toi ... ?</p> <p><i>Rameur 2 :</i> Bah du bateau ... Donc de nous deux. Pas forcément de ... de un quoi.</p> <p>Chercheur : Comment l'as-tu ressenti à ce moment là ? qu'est ce que tu fais ... ?</p> <p><i>Rameur 2 :</i> Bah m'adapter à (Chef de Nage) et aussi être plus exigeant envers moi même.</p> <p>Chercheur : Ok alors quand tu dis t'adapter avec (Chef de Nage) ... Comment tu vas faire concrètement ?</p> <p><i>Rameur 2 :</i> Bah essayer de plus le coller, dans le sens être plus au même geste, au même moment ... Enfin faire le même geste exactement.</p> <p>Chercheur : Et donc quand tu dis plus exigeant avec toi même ... Tu veux dire que là ...</p> <p><i>Rameur 2 :</i> Bah c'est que je peux faire mieux, par exemple j'aurais pu faire ... pas assez replacer bras corps et du coup ... plus plaquer les jambes</p> <p>Chercheur : Donc là, tu as l'impression que c'est en partie de ta faute si ...</p> <p><i>Rameur 2 :</i> Bah pas forcément mais en tout cas que ça peut ...</p> <p>Chercheur : Donc si je te suis bien là, ça te fait comme une sorte d'alerte pour te dire attention il faut que je me reconcentre ...</p> <p><i>Rameur 2 :</i> Oui c'est ça</p>

APPENDICE 2

COURS D'EXPÉRIENCE ET CONSTRUCTION DU SIGNE

HEXADIQUE

APPENDICE 2 : COURS D'EXPÉRIENCE ET CONSTRUCTION DU SIGNE HEXADIQUE

Suite à la situation de course observée, les rameurs ont rendu compte de leur activité au cours de la course. Sur la base des verbatims obtenus ainsi que de l'enregistrement vidéo de leur course, nous avons reconstruit pour chaque joueur, à chaque instant, l'enchaînement des signes hexadiques qui rendent compte de leur cours d'expérience. Ainsi, pour chaque rameur nous pouvions renseigner la manière dont il vivait l'efficacité conjointe de son coup de rame.

Tableau 3 : Exemple du cours d'expérience du chef de nage entre la 49^{ème} et la 69^{ème} seconde de la course.

Time code	Verbatim Chef de Nage	CE Chef de Nage
00 :49	<p>Chercheur : Donc là ça fait 1 minute 11 que vous avez démarré.</p> <p><i>Rameur 1</i> : Là c'était... Au début, ça commençait à être bien. Ça commençait à trouver un peu de stabilité, de la propulsion ensemble. Heu ... Et puis ouais c'est tout.</p> <p>Chercheur : Ok donc là plutôt de bonnes sensations quoi...</p> <p><i>Rameur 1</i> : Ouais, là ça commençait bien.</p>	<p>E : Appliquer les consignes du coach / Maintenir l'arrière / Monter les mains sur l'avant / Être synchronisé avec son partenaire / Chercher la longueur</p> <p>A : A être bien synchronisé avec son partenaire / A ramer long (grande amplitude)</p> <p>S : Avec la fatigue il a du mal à se concentrer sur les consignes</p> <p>R : Consignes de l'entraîneur / Se sent fatigué / Perçoit le bateau comme stable / Perçoit une bonne propulsion</p> <p>U : Le vent est « pour » (souffle dans la direction du bateau) / Le bateau « glisse »</p> <p>I : NI</p>
01 :00	<p><i>Rameur 1</i> : Là toujours bien.</p> <p>Chercheur : Ok. C'est ce que tu te disais à ce moment là ? Où c'est en revoyant les images.</p> <p><i>Rameur 1</i> : Sur le coup je ne me le suis pas dis. Sur le coup je pensais plus à propulser et puis je commençais déjà à ressentir un peu de fatigue.</p> <p>Chercheur : A ouais assez vite ?</p> <p><i>Rameur 1</i> : Ouais, donc sur le coup je pensais pas forcément à me dire ... Je sentais la glisse du bateau mais bon ...</p> <p>Chercheur : Ok. Mais tu sentais quand même qu'il glissait ?</p> <p><i>Rameur 1</i> : Oui, je sentais un peu.</p> <p>Chercheur : Ok.</p>	<p>E : Appliquer les consignes du coach / Maintenir l'arrière / Monter les mains sur l'avant / Être synchronisé avec son partenaire / Chercher la longueur / Propulser le bateau</p> <p>A : A être bien synchronisé avec son partenaire / A ramer long (grande amplitude) / A maintenir la cadence du bateau</p> <p>S : Avec la fatigue il a du mal à se concentrer sur les consignes</p> <p>R : Consignes de l'entraîneur / Se sent fatigué / Perçoit le bateau comme stable / Perçoit une bonne propulsion / Ressent la glisse du bateau</p> <p>U : Le vent est « pour » (souffle dans la direction du bateau) / Le bateau « glisse »</p> <p>I : NI</p>
01 :05	<p><i>Rameur 1</i> : Justement je cherchais vraiment à reprendre la ... à reprendre le bateau. Là c'est le moment où on tend les mains.</p> <p>Chercheur : Là, c'est vraiment les choses auxquelles tu penses ?</p> <p><i>Rameur 1</i> : Ouais, ce sont des choses sur lesquelles je me concentre un maximum et puis que l'on ma rabâché toute la sortie aussi.</p> <p>Chercheur : D'accord ça faisait parti des consignes de Vincent sur l'échauffement ?</p> <p><i>Rameur 1</i> : Ouais.</p> <p>Chercheur : Ok.</p>	<p>E : Appliquer les consignes du coach / Maintenir l'arrière / Monter les mains sur l'avant / Être synchronisé avec son partenaire / Chercher la longueur / Propulser le bateau</p> <p>A : A être bien synchronisé avec son partenaire / A ramer long (grande amplitude) / A maintenir la cadence du bateau</p> <p>S : Avec la fatigue il a du mal à se concentrer sur les consignes</p> <p>R : Consignes de l'entraîneur / Se sent fatigué / Mauvaises sensations</p> <p>U : Le vent est « pour » (souffle dans la direction du bateau) / Le bateau ralentit / Se concentre sur ses défauts</p> <p>I : NI</p>
01 :09	<p><i>Rameur 1</i> : Là on était plus sur l'arrière quand même. Il nous a beaucoup dit là qu'il fallait rester grand sur l'arrière ensemble. Dérouler ensemble. Placer bras-corps ensemble.</p> <p>Chercheur : Donc ça c'est ce qu'il te disait là ! A ce moment là ?</p> <p><i>Rameur 1</i> : Ouais</p> <p>Chercheur : D'accord et sur ton retour... C'est peut-être moi mais j'avais l'impression que pour le coup ...</p> <p><i>Rameur 1</i> : Ouais, là mes mains elles ont plongé. Du coup, j'ai plongé mes mains ce qui fait que le bateau est venu sur moi et du coup ça me met en position « inconfortable » on va dire... Pour mieux exploiter à fond dans l'eau.</p> <p>Chercheur : Parce que du coup ce n'est pas des choses qui arrivent sur tous les coups de rame, ça arrive un peu de temps en temps... Quand ça t'arrive tu le vois systématiquement ? tu le ressens ?</p> <p><i>Rameur 1</i> : Oui. Je vois quand le bateau plonge. Enfin je vois quand je plonge mes mains. Mais il y a des fois où ce n'est pas moi. Il y a des fois où... même si mes mains je les laisse à la même hauteur et que je ne les monte pas forcément. Il y a (Rameur 2) des fois qui lève un peu. Du coup automatiquement ça fait plonger mes mains.</p> <p>Chercheur : Ok, et là, c'était le cas ?</p> <p><i>Rameur 1</i> : Non. Là c'est plus moi je pense.</p>	<p>E : Appliquer les consignes du coach / Maintenir l'arrière / Monter les mains sur l'avant / Être synchronisé avec son partenaire / Chercher la longueur / Propulser le bateau</p> <p>A : A être bien synchronisé avec son partenaire / A ramer long (grande amplitude) / A maintenir la cadence du bateau</p> <p>S : Avec la fatigue il a du mal à se concentrer sur les consignes / Si ses mains plongent trop alors le bateau plonge</p> <p>R : Consignes de l'entraîneur / Se sent fatigué / Mauvaises sensations / Se sent responsable de la mauvaise posture du bateau</p> <p>U : Le vent est « pour » (souffle dans la direction du bateau) / Le bateau ralentit / Se concentre sur ses défauts / Plonge les mains / Le bateau plonge sur l'avant</p> <p>I : NI</p>

Note : E= Engagement, A= Actualité potentielle, S = Référentiel, R = Representamen, U = Unité élémentaire du cours d'action et I = Interprétant. Les éléments écrits (a) en vert correspondent aux éléments qui apparaissent pour la première fois dans le corpus, (b) en noir sont des éléments qui sont directement renseignés par les données relevant de l'instant en question, et (c) en gris les éléments qui semblent persister, issus des signes le précédant, sans toutefois être directement évoqué à l'instant considéré dans le verbatim. NI= Non Identifié.

Tableau 4 : Exemple du cours d'expérience du rameur n°2 entre la 49^{ème} et la 69^{ème} seconde de la course.

Time code	Verbatim Rameur 2	CE Rameur 2
00 :54	<p>Chercheur : Et donc là tu avais la sensation que vous étiez bien ensemble à ...?</p> <p><i>Rameur 2 : Ouais là on commençait à être déjà un peu plus coordonné puis aussi bah plus ensemble ouais.</i></p> <p>Chercheur : Ouais ok. Et les objectifs que tu avais en tête, est-ce que tu les gardais ? Tu te souviens ... Tu pensais à quoi là ? Le fil de pensées que tu avais ...</p> <p><i>Rameur 2 : Bah là je cherchais surtout à garder le bateau plat et maintenir la vitesse du bateau la plus élevée possible.</i></p> <p>Chercheur : D'accord et le bateau plat c'est à dire ...</p> <p><i>Rameur 2 : Bah en fait qu'aucunes des deux pelles ne touchent l'eau et que le bateau apparaisse plat bah là (montre sur l'écran) par exemple il l'est.</i></p> <p>Chercheur : Ok</p>	<p>E : Bien diriger le bateau / Garder le bateau stable / Être synchronisé avec son partenaire / S'adapter à son partenaire / Mettre la même force que son partenaire dans le coup de rame / Faire glisser le bateau le plus rapidement possible</p> <p>A : A faire une ligne droite / A être bien synchronisé avec son partenaire / A maintenir le bateau à plat / A ce que son partenaire pousse comme ils le font habituellement / A trouver « l'intensité optimale »</p> <p>S : NI</p> <p>R : Sensation sur la position de son corps et de ses mouvements / Perçoit le bateau comme stable</p> <p>U : Regarde les épaules et les mains de son partenaire / Se met sur la même intensité que son partenaire / Le bateau « glisse »</p> <p>I : Se rend compte que son partenaire est à fond</p>
01 :00	<p>Chercheur : Et d'un point de vue technique, toi personnellement, est-ce qu'il y avait un détails là que tu cherchais à corriger à ce moment là ?</p> <p><i>Rameur 2 : Bah là on voit que mon bras extérieur n'est pas forcément tendu, en fait normalement quand on remplace le bras il doit être tendu et généralement, je le laisse un peu fléchi.</i></p> <p>Chercheur : À ce moment là, tu le voyais ? tu essayais de le corriger ? ton bras ...</p> <p><i>Rameur 2 : Ouais.</i></p> <p>Chercheur : Très bien</p>	<p>E : Bien diriger le bateau / Garder le bateau stable / Être synchronisé avec son partenaire / S'adapter à son partenaire / Mettre la même force que son partenaire dans le coup de rame / Faire glisser le bateau le plus rapidement possible / Être très juste techniquement</p> <p>A : A faire une ligne droite / A être bien synchronisé avec son partenaire / A maintenir le bateau à plat / A ce que son partenaire pousse comme ils le font habituellement / A trouver « l'intensité optimale » / A ne pas faire de fautes techniques</p> <p>S : NI</p> <p>R : Sensation sur la position de son corps et de ses mouvements / Perçoit le bateau comme stable</p> <p>U : Regarde les épaules et les mains de son partenaire / Se met sur la même intensité que son partenaire / Le bateau « glisse » / Son bras est fléchi</p> <p>I : Se rend compte qu'il fait une erreur technique</p>
01 :05	<p>Chercheur : Là on voit que le bateau tangué un peu ...Est ce que tu te souviens de ce moment ?</p> <p><i>Rameur 2 : Oui, ... c'est un coup de faiblesse et du coup on doit relancer sur celui d'après pour pouvoir remettre le bateau à plat ...</i></p> <p>Chercheur : Et coup de faiblesse de qui ? De toi ... ?</p> <p><i>Rameur 2 : Bah du bateau ... Donc de nous deux. Pas forcément de ... de un quoi.</i></p> <p>Chercheur : Comment l'as-tu ressenti à ce moment là ? qu'est ce que tu fais ... ?</p> <p><i>Rameur 2 : Bah m'adapter à (Chef de Nage) et aussi être plus exigeant envers moi même.</i></p> <p>Chercheur : Ok alors quand tu dis t'adapter avec (Chef de Nage) ... Comment tu vas faire concrètement ?</p> <p><i>Rameur 2 : Bah essayer de plus le coller, dans le sens être plus au même geste, au même moment ... Enfin faire le même geste exactement.</i></p> <p>Chercheur : Et donc quand tu dis plus exigeant avec toi même ... Tu veux dire que là ...</p> <p><i>Rameur 2 : Bah c'est que je peux faire mieux, par exemple j'aurais pu faire ... pas assez replacer bras corps et du coup ... plus plaquer les jambes</i></p> <p>Chercheur : Donc là, tu as l'impression que c'est en partie de ta faute si ...</p> <p><i>Rameur 2 : Bah pas forcément mais en tout cas que ça peut ...</i></p> <p>Chercheur : Donc si je te suis bien là, ça te fait comme une sorte d'alerte pour te dire attention il faut que je me reconcentre ...</p> <p><i>Rameur 2 : Oui c'est ça.</i></p>	<p>E : Bien diriger le bateau / Garder le bateau stable / Être synchronisé avec son partenaire / S'adapter à son partenaire / Mettre la même force que son partenaire dans le coup de rame / Faire glisser le bateau le plus rapidement possible / Être très juste techniquement / Être plus exigeant avec lui même</p> <p>A : A faire une ligne droite / A être bien synchronisé avec son partenaire / A maintenir le bateau à plat / A ce que son partenaire pousse comme ils le font habituellement / A trouver « l'intensité optimale » / A ne pas faire de fautes techniques / A reproduire le même geste</p> <p>S : NI</p> <p>R : Sensation sur la position de son corps et de ses mouvements / Ressent un « coup de faiblesse »</p> <p>U : Regarde les épaules et les mains de son partenaire / Se reconcentre / Le bateau ralentit</p> <p>I : Se rend compte qu'il fait une erreur technique</p>

Note : E= Engagement, A= Actualité potentielle, S = Référentiel, R = Representamen, U = Unité élémentaire du cours d'action et I = Interprétant. Les éléments écrits (a) en vert correspondent aux éléments qui apparaissent pour la première fois dans le corpus, (b) en noir sont des éléments qui sont directement renseignés par les données relevant de l'instant en question, et (c) en gris les éléments qui semblent persister, issus des signes le précédant, sans toutefois être directement évoqué à l'instant considéré dans le verbatim. NI= Non Identifié.

APPENDICE 3

SYNCHRONISATION DES COURS D'EXPÉRIENCE

APPENDICE 3 : SYNCHRONISATION DES COURS D'EXPÉRIENCE

Afin de rendre compte de la convergence/similarité des expériences vécues des rameurs, nous avons synchronisé les cours d'expérience de chacun des rameurs. Ainsi, nous pouvons renseigner la manière dont les rameurs vivaient l'efficacité conjointe de leur coup de rame à un instant t .

Tableau 5 : Exemple de synchronisation des cours d'expérience du chef de nage du rameur n°2 entre la 49^{ème} et la 69^{ème} seconde de la course.

Time code 1	Description comportementale	CE Chef de Nage	CE Rameur 2
00 :49	L'entrée et la sortie des pelles s'effectuent en même temps. Le bateau est stable.	<p>E : Appliquer les consignes du coach / Maintenir l'arrière / Monter les mains sur l'avant / Être synchronisé avec son partenaire / Chercher la longueur</p> <p>A : A être bien synchronisé avec son partenaire / A ramer long (grande amplitude)</p> <p>S : Avec la fatigue il a du mal à se concentrer sur les consignes</p> <p>R : Consignes de l'entraîneur / Se sent fatigué / Perçoit le bateau comme stable / Perçoit une bonne propulsion</p> <p>U : Le vent est « pour » (souffle dans la direction du bateau) / Le bateau « glisse »</p> <p>I : NI</p>	
00 :54	L'entrée et la sortie des pelles s'effectuent en même temps. Le bateau est stable.		<p>E : Bien diriger le bateau / Garder le bateau stable / Être synchronisé avec son partenaire / S'adapter à son partenaire / Mettre la même force que son partenaire dans le coup de rame / Faire glisser le bateau le plus rapidement possible</p> <p>A : A faire une ligne droite / A être bien synchronisé avec son partenaire / A maintenir le bateau à plat / A ce que son partenaire pousse comme ils le font habituellement / A trouver « l'intensité optimale »</p> <p>S : NI</p> <p>R : Sensation sur la position de son corps et de ses mouvements / Perçoit le bateau comme stable</p> <p>U : Regarde les épaules et les mains de son partenaire / Se met sur la même intensité que son partenaire / Le bateau « glisse »</p> <p>I : Se rend compte que son partenaire est à fond</p>
01 :00	L'entrée et la sortie des pelles s'effectuent en même temps. Le rameur n°2 commet une faute de main. Le bateau reste stable.	<p>E : Appliquer les consignes du coach / Maintenir l'arrière / Monter les mains sur l'avant / Être synchronisé avec son partenaire / Chercher la longueur / Propulser le bateau</p> <p>A : A être bien synchronisé avec son partenaire / A ramer long (grande amplitude) / A maintenir la cadence du bateau</p> <p>S : Avec la fatigue il a du mal à se concentrer sur les consignes</p> <p>R : Consignes de l'entraîneur / Se sent fatigué / Perçoit le bateau comme stable / Perçoit une bonne propulsion / Ressent la glisse du bateau</p> <p>U : Le vent est « pour » (souffle dans la direction du bateau) / Le bateau « glisse »</p> <p>I : NI</p>	<p>E : Bien diriger le bateau / Garder le bateau stable / Être synchronisé avec son partenaire / S'adapter à son partenaire / Mettre la même force que son partenaire dans le coup de rame / Faire glisser le bateau le plus rapidement possible / Être très juste techniquement</p> <p>A : A faire une ligne droite / A être bien synchronisé avec son partenaire / A maintenir le bateau à plat / A ce que son partenaire pousse comme ils le font habituellement / A trouver « l'intensité optimale » / A ne pas faire de fautes techniques</p> <p>S : NI</p> <p>R : Sensation sur la position de son corps et de ses mouvements / Perçoit le bateau comme stable</p> <p>U : Regarde les épaules et les mains de son partenaire / Se met sur la même intensité que son partenaire / Le bateau « glisse » / Son bras est fléchi</p> <p>I : Se rend compte qu'il fait une erreur technique</p>
01 :05	Le bateau est déstabilisé (mouvements de roulis). Les rameurs ne sont plus synchronisés.	<p>E : Appliquer les consignes du coach / Maintenir l'arrière / Monter les mains sur l'avant / Être synchronisé avec son partenaire / Chercher la longueur / Propulser le bateau</p> <p>A : A être bien synchronisé avec son partenaire / A ramer long (grande amplitude) / A maintenir la cadence du bateau</p> <p>S : Avec la fatigue il a du mal à se concentrer sur</p>	<p>E : Bien diriger le bateau / Garder le bateau stable / Être synchronisé avec son partenaire / S'adapter à son partenaire / Mettre la même force que son partenaire dans le coup de rame / Faire glisser le bateau le plus rapidement possible / Être très juste techniquement / Être plus exigeant avec lui même</p> <p>A : A faire une ligne droite / A être bien synchronisé avec son partenaire / A maintenir le bateau à plat / A ce que son partenaire pousse</p>

ANNEXE 1 : ÉCHANTILLONAGE DES DONNÉES COMPORTEMENTALES PAR L'EXPÉRIENCE

		<p>les consignes</p> <p>R : Consignes de l'entraîneur / Se sent fatigué / Mauvaises sensations</p> <p>U : Le vent est « pour » (souffle dans la direction du bateau) / Le bateau ralentit / Se concentre sur ses défauts</p> <p>I : NI</p>	<p>comme ils le font habituellement / A trouver « l'intensité optimale » / A ne pas faire de fautes techniques / A reproduire le même geste</p> <p>S : NI</p> <p>R : Sensation sur la position de son corps et de ses mouvements / Ressent un « coup de faiblesse »</p> <p>U : Regarde les épaules et les mains de son partenaire / Se reconcentre / Le bateau ralentit</p> <p>I : Se rend compte qu'il fait une erreur technique</p>
01 :09	<p>Le bateau est déstabilisé (mouvements de roulis et de lacets).</p>	<p>E : Appliquer les consignes du coach / Maintenir l'arrière / Monter les mains sur l'avant / Être synchronisé avec son partenaire / Chercher la longueur / Propulser le bateau</p> <p>A : A être bien synchronisé avec son partenaire / A ramer long (grande amplitude) / A maintenir la cadence du bateau</p> <p>S : Avec la fatigue il a du mal à se concentrer sur les consignes / Si ses mains plongent trop alors le bateau plonge</p> <p>R : Consignes de l'entraîneur / Se sent fatigué / Mauvaises sensations / Se sent responsable de la mauvaise posture du bateau</p> <p>U : Le vent est « pour » (souffle dans la direction du bateau) / Le bateau ralentit / Se concentre sur ses défauts / Plonge les mains / Le bateau plonge sur l'avant</p> <p>I : NI</p>	

Note : E= Engagement, A= Actualité potentielle, S = Référentiel, R = Representamen, U = Unité élémentaire du cours d'action et I = Interprétant. Les éléments écrits (a) en vert correspondent aux éléments qui apparaissent pour la première fois dans le corpus, (b) en noir sont des éléments qui sont directement renseignés par les données relevant de l'instant en question, et (c) en gris les éléments qui semblent persister, issus des signes le précédant, sans toutefois être directement évoqué à l'instant considéré dans le verbatim. NI= Non Identifié.

APPENDICE 4

CONSTRUCTION DES CATÉGORIES EXPÉRIENTIELLES

APPENDICE 4 : CONSTRUCTION DES CATÉGORIES EXPÉRIENTIELLES

La dernière étape de traitement qualitatif de l'échantillonnage des données comportementales par l'expérience a consisté à effectuer une analyse thématique sur les cours d'expérience. Cette analyse thématique permettait de construire, dans notre cas, les catégories expérientielles correspondant à l'expérience des rameurs concernant l'efficacité conjointe des coups de rame qu'ils ont produit lors de la course étudiée.

Tableau 6 : Thématisation de l'expérience des rameurs sur leur efficacité conjointe au fil de la situation de l'Étude 1.

Thèmes	Définition	Illustration de Verbatim
Expérience saillante de l'efficacité conjointe comme efficace	<i>Les rameurs étaient capables de rapporter les sensations positives qu'ils avaient de leur efficacité collective</i>	<i>Je sentais la glisse du bateau</i>
Expérience saillante de l'efficacité conjointe comme non-efficace	<i>Les rameurs étaient capables de rapporter les sensations négatives qu'ils avaient de leur efficacité collective</i>	<i>Un coup de faiblesse et du coup on doit relancer sur celui d'après pour pouvoir remettre le bateau à plat ...</i>
Pas d'expérience de l'efficacité conjointe	<i>Les rameurs n'étaient capables de rapporter les sensations n qu'ils avaient de leur efficacité collective</i>	<i>La je commençais à accélérer, ouais, là j'ai accéléré au niveau de la cadence.</i>

Sur la base de ces 3 thèmes, la synchronisation des cours d'expérience fait apparaître quatre catégories phénoménologiques collectives (i.e., catégories expérientielles) : (a) Simultanéité et similarité de la non expérience d'efficacité conjointe, (b) Simultanéité et similarité de l'expérience d'efficacité conjointe comme efficace, (c) Simultanéité et similarité de l'expérience d'efficacité conjointe comme non-efficace, et (d) Simultanéité et divergence de l'expérience d'efficacité conjointe.

Tableau 7 : Identification des catégories phénoménologiques collectives et construction d'un code couleur pour rendre compte de l'expérience des rameurs sur leur efficacité conjointe au fil de la situation de l'Étude 1.

Catégories expérientielles	Code couleur catégories expérientielles	Verbatim CN	Expérience CN	Verbatim n°2	Expérience n°2
Simultanéité et similarité de la non expérience d'efficacité conjointe (SSE-M)		<i>La je commençais à accélérer, ouais, là j'ai accéléré au niveau de la cadence.</i>	Pas d'expérience de l'efficacité conjointe	<i>J'essaye de revenir au maximum mais des fois je pouvais pas et du coup je lâchais un peu, mais ...</i>	Pas d'expérience de l'efficacité conjointe
Simultanéité et similarité de l'expérience d'efficacité conjointe comme efficace (SSE-E)		<i>Je sentais la glisse du bateau</i>	Efficace	<i>Ça commençait à être déjà un peu plus coordonné puis aussi bah plus ensemble</i>	Efficace
Simultanéité et similarité de l'expérience d'efficacité conjointe comme non-efficace (SSE-D)		<i>Du coup, j'ai plongé mes mains ce qui fait que le bateau est venu sur moi et du coup ça me met en position « inconfortable »</i>	Non-Efficace	<i>Un coup de faiblesse et du coup on doit relancer sur celui d'après pour pouvoir remettre le bateau à plat ...</i>	Non-Efficace
Simultanéité et divergence de l'expérience d'efficacité conjointe (SDE)		<i>Le bateau est à plat, donc j'essaye de la garder comme ça...</i>	Efficace	<i>Je pouvais un peu moins fort et donc ça a ralenti le bateau.</i>	Non-Efficace

Tableau 8 : Caractérisation du vécu des rameurs sur l'efficacité collective de leur coup de rame entre la 49^{ème} et la 69^{ème} seconde de la course.

Time code (min : sec)	Chef de Nage	Rameur n°2
00 : 49		
00 : 54		
01 : 00		
01 : 05		
01 : 09		

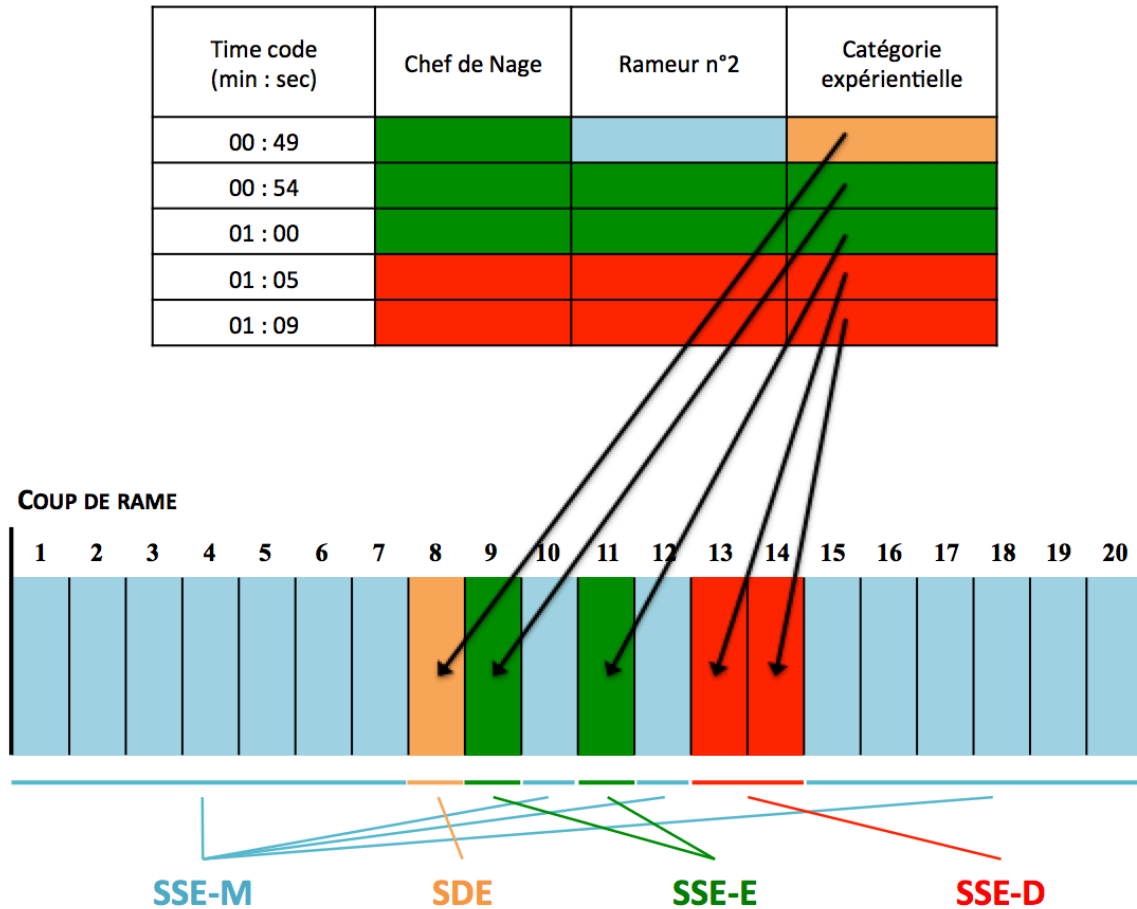
Note : Les cases en vert correspondent à un vécu plutôt positif de l'efficacité collective et les cases en rouge correspondent à un vécu plutôt négatif de l'efficacité collective. Les cases vides (i.e., blanches) correspondent à des instants de course pour lesquels nous avons estimé qu'aucune expérience saillante de l'efficacité n'était relatée en se basant sur le cours d'expérience des rameurs.

Tableau 9 : Catégorisation du vécu des rameurs sur l'efficacité collective de leur coup de rame entre la 49^{ème} et la 69^{ème} seconde de la course.

Time code (min : sec)	Chef de Nage	Rameur n°2	Catégorie expérientielle
00 : 49			
00 : 54			
01 : 00			
01 : 05			
01 : 09			

Note : Les cases en vert correspondent à un vécu plutôt positif de l'efficacité collective et les cases en rouge correspondent à un vécu plutôt négatif de l'efficacité collective. La case bleue correspond à des instants de course pour lesquels nous avons estimé qu'aucune expérience saillante de l'efficacité n'était relatée et qu'aucune inférence ne peut être faite en s'appuyant sur les cours d'expérience de chacun des rameurs et sur les données vidéos. Dans la colonne « Catégorie expérientielle », les couleurs renvoient aux « collective phenomenological categories » qui ont été renseignées dans les articles des Études 1 et 2. Vert = Simultaneously and Similarly Experienced as Effective (SSE-E), Rouge = Simultaneously and Similarly Experienced as Detrimental (SSE-D) et Orange = Simultaneously Diverging Experiences (SDE).

Figure 1 : Illustration de l'échantillonnage des données comportementales par l'expérience entre la 49^{ème} et la 69^{ème} seconde de la course.



Note : Les couleurs renvoient aux « collective phenomenological categories » qui ont été renseignées dans les articles des Études 1 et 2. Vert = Simultaneously and Similarly Experienced as Effective (SSE-E), Rouge = Simultaneously and Similarly Experienced as Detrimental (SSE-D), Bleu = Simultaneously and Similarly Experienced as Meaningless (SSE-M) et Orange = Simultaneously Diverging Experiences (SDE).

APPENDICE 5

CORRÉLATS MÉCANIQUES DES CATÉGORIES

PHÉNOMÉNOLOGIQUES COLLECTIVES : ÉTUDE 1

APPENDICE 5 : CORRÉLATS MÉCANIQUES DES CATÉGORIES PHÉNOMÉNOLOGIQUES COLLECTIVES DE L'ÉTUDE 1

Une fois l'ensemble des catégories expérientielles (i.e., catégories phénoménologiques collectives) identifiées et mises en relation avec les coups de rame correspondant, les moyennes et écart-types des indicateurs mécaniques, tels que relevés dans les échantillons données issues des différentes catégories expérientielles, peuvent être calculées. Sur la base de ces corrélats mécaniques des tests statistiques de type ANOVAs et Kruskal-Wallis ont pu être appliqués en fonction de la distribution de chacune des variables mécaniques.

Tableau 10 : La moyenne des indicateurs individuels sur le cycle complet pour les quatre catégories expérientielles identifiées lors de la course entière.

	SSE-M (N=154)				SSE-D (N=15)				SSE-E (N=18)				SDE (N=17)			
	Stroke Rower		Bow Rower		Stroke Rower		Bow Rower		Stroke Rower		Bow Rower		Stroke Rower		Bow Rower	
	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD
Force at oarlock (N)	14.33	1.19	15.75	1.16	13.97	0.65	15.68	1.02	14.35	1.24	15.65	1.50	14.13	0.67	15.69	1.09
SD Force (N)	27.47	1.92	29.30	2.25	26.94	1.39	29.46	2.29	27.68	1.71	29.25	2.73	27.06	1.19	29.18	2.28
Linear momentum (kg.m.s ⁻¹)	52.93	4.84	48.19	4.96	47.22	2.33	53.04	4.42	48.10	3.63	52.58	5.70	47.48	2.11	52.72	3.75
Force peak (N)	87.03	6.46	92.50	8.60	84.49	6.13	95.52	6.46	90.21	4.13	91.73	9.58	85.52	4.67	91.95	8.60
Force peak timing (%)	19.09	1.89	18.69	1.53	18.73	1.10	18.67	1.11	19.28	1.27	18.50	1.50	18.71	1.45	18.59	1.18
Range of motion (°)	88.67	1.51	88.32	1.43	88.61	1.98	88.38	0.96	89.06	1.56	88.64	1.68	89.23	1.65	88.87	1.16
Catch Angle (°)	-53.17	1.38	-57.55	1.21	-53.07	1.03	-57.28	1.34	-53.47	1.72	-57.81	0.92	-53.66	1.01	-57.77	1.02
Angle oar velocity (°·s ⁻¹)	-0.02	0.54	0.04	0.63	0.04	0.65	-0.33	0.80	0.03	0.57	0.06	0.69	-0.06	0.49	-0.07	0.52
SD Angle oar velocity (°·s ⁻¹)	60.10	2.29	59.38	2.18	59.80	1.73	59.50	1.11	60.25	1.98	59.64	1.27	60.30	1.71	59.90	1.16

Tableau 11 : La moyenne des indicateurs individuels sur chaque partie de la phase de propulsion pour les quatre catégories expérientielles identifiées lors de la course entière.

	SSE-M (N=154)				SSE-D (N=15)				SSE-E (N=18)				SDE (N=17)			
	<i>Stroke Rower</i>		<i>Bow Rower</i>		<i>Stroke Rower</i>		<i>Bow Rower</i>		<i>Stroke Rower</i>		<i>Bow Rower</i>		<i>Stroke Rower</i>		<i>Bow Rower</i>	
	<i>Mean</i>	<i>SD</i>	<i>Mean</i>	<i>SD</i>	<i>Mean</i>	<i>SD</i>	<i>Mean</i>	<i>SD</i>	<i>Mean</i>	<i>SD</i>	<i>Mean</i>	<i>SD</i>	<i>Mean</i>	<i>SD</i>	<i>Mean</i>	<i>SD</i>
The Drive phase																
Force at oarlock (N)	41.14	4.43	45.22	5.23	40.51	4.65	45.49	6.61	41.46	5.70	47.82	4.76	39.41	4.92	43.79	6.24
SD Force (N)	32.25	2.58	33.22	3.31	31.75	2.32	33.79	3.22	32.70	1.48	32.39	3.38	31.93	1.95	33.45	3.11
Angular amplitude (°)	88.07	1.73	87.80	1.56	87.90	1.91	87.58	1.54	88.49	1.96	88.07	1.42	88.61	1.37	88.41	1.44
Angular velocity (°·s ⁻¹)	74.91	6.91	72.24	8.80	74.99	6.49	71.52	9.16	75.67	5.71	78.33	4.30	73.11	7.09	70.01	9.94
SD Velocity (°·s ⁻¹)	33.82	5.02	41.64	7.92	34.08	4.98	44.41	8.31	33.66	3.76	36.55	6.22	34.39	5.46	44.22	8.18
First half of the Drive																
Force at oarlock (N)	38.52	5.75	43.33	6.52	37.81	5.24	42.31	5.98	37.59	3.98	42.49	6.40	40.12	5.57	44.44	6.36
SD Force (N)	27.89	3.22	28.96	3.48	27.66	4.10	29.76	3.27	28.33	2.51	28.64	2.87	28.17	2.67	29.37	2.68
Angular amplitude (°)	35.90	5.33	34.94	1.86	35.97	5.13	35.11	1.88	35.84	5.97	35.49	1.54	38.98	6.90	35.66	1.84
Angular velocity (°·s ⁻¹)	63.02	7.70	61.12	8.63	63.06	6.28	58.39	10.03	63.20	6.11	60.90	9.68	65.65	6.35	62.60	7.82
SD Velocity (°·s ⁻¹)	25.55	3.99	33.02	7.34	26.11	3.18	37.18	6.11	24.48	3.72	33.78	8.13	24.33	2.93	33.82	5.93
Second half of the Drive																
Force at oarlock (N)	44.26	10.49	47.65	11.94	43.87	11.30	49.40	14.45	45.66	11.69	48.32	13.85	39.40	13.12	43.89	14.75
SD Force (N)	34.82	2.66	35.52	3.81	33.90	2.70	35.45	4.45	35.35	1.58	35.58	3.67	33.59	2.07	35.24	3.73
Angular amplitude (°)	51.14	4.88	51.79	2.03	51.17	4.98	51.10	1.82	51.40	6.00	51.55	1.84	48.75	6.45	52.03	2.21
Angular velocity (°·s ⁻¹)	86.63	13.27	83.36	18.15	86.82	13.60	84.72	22.20	87.95	14.99	85.42	17.52	80.72	17.13	77.76	22.68
SD Velocity (°·s ⁻¹)	33.65	10.94	41.28	16.19	33.53	12.10	38.71	21.10	33.12	9.84	39.55	13.97	36.50	12.81	45.79	17.79

Tableau 12 : La moyenne des indicateurs individuels sur chaque partie de la phase de retour pour les quatre catégories expérientielles identifiées lors de la course entière.

	SSE-M (N=154)				SSE-D (N=15)				SSE-E (N=18)				SDE (N=17)			
	<i>Stroke Rower</i>		<i>Bow Rower</i>		<i>Stroke Rower</i>		<i>Bow Rower</i>		<i>Stroke Rower</i>		<i>Bow Rower</i>		<i>Stroke Rower</i>		<i>Bow Rower</i>	
	<i>Mean</i>	<i>SD</i>	<i>Mean</i>	<i>SD</i>	<i>Mean</i>	<i>SD</i>	<i>Mean</i>	<i>SD</i>	<i>Mean</i>	<i>SD</i>	<i>Mean</i>	<i>SD</i>	<i>Mean</i>	<i>SD</i>	<i>Mean</i>	<i>SD</i>
The Recovery phase																
Force at oarlock (N)	-0.12	0.26	-0.10	0.26	-0.06	0.24	-0.01	0.24	-0.06	0.21	-0.20	0.28	-0.05	0.21	-0.04	0.30
SD Force (N)	1.61	0.41	1.72	0.43	1.60	0.42	1.79	0.53	1.62	0.51	1.75	0.35	1.59	0.33	1.67	0.43
Angular amplitude (°)	87.95	1.78	87.64	1.42	87.56	2.67	87.82	1.11	88.22	1.83	87.94	1.88	88.61	1.93	88.38	1.14
Angular velocity (°·s ⁻¹)	-40.19	2.97	-38.60	1.96	-39.55	3.39	-38.09	2.04	-40.14	2.81	-38.12	1.75	-41.20	3.48	-39.34	1.57
SD Velocity (°·s ⁻¹)	15.62	2.85	10.47	2.37	15.60	3.75	10.89	3.49	15.42	3.07	11.14	1.05	15.42	3.03	9.88	2.57
First half of the Recovery																
Force at oarlock (N)	-0.74	0.36	-0.77	0.35	-0.65	0.35	-0.74	0.30	-0.68	0.37	-0.80	0.33	-0.63	0.26	-0.67	0.33
SD Force (N)	1.31	0.71	1.15	0.45	1.32	0.63	1.18	0.45	1.36	0.68	1.08	0.34	1.17	0.59	0.93	0.31
Angular amplitude (°)	39.16	3.26	39.91	2.19	38.80	3.24	41.37	2.19	39.26	2.97	39.62	1.98	40.26	3.44	40.74	2.12
Angular velocity (°·s ⁻¹)	-35.59	4.59	-34.85	2.91	-34.81	4.64	-34.72	3.26	-35.51	4.08	-34.88	2.80	-37.24	5.27	-36.09	2.80
SD Velocity (°·s ⁻¹)	-35.59	4.59	-34.85	2.91	17.73	4.94	10.25	4.94	17.64	3.67	9.60	2.78	17.21	4.47	9.03	3.79
Second half of the Recovery																
Force at oarlock (N)	0.50	0.28	0.59	0.37	0.54	0.27	0.74	0.46	0.56	0.20	0.60	0.46	0.53	0.26	0.59	0.42
SD Power (W)	70.54	12.26	70.99	11.56	70.99	11.88	69.46	14.20	67.98	13.05	71.33	12.87	76.69	12.88	73.97	10.52
Angular amplitude (°)	48.79	3.03	47.74	2.12	48.76	2.99	46.45	2.33	48.96	3.16	48.32	1.59	48.35	2.87	47.64	1.97
Angular velocity (°·s ⁻¹)	-44.84	3.18	-42.35	2.53	-44.34	3.57	-41.49	2.52	-44.83	3.36	-42.83	2.50	-45.16	3.05	-42.58	2.01
SD Velocity (°·s ⁻¹)	10.75	2.21	9.17	2.22	10.35	3.43	9.80	2.27	10.32	2.61	8.70	1.85	11.18	2.93	8.95	2.26

Tableau 13 : La moyenne des indicateurs interpersonnels sur chaque partie du cycle pour les quatre catégories expérientielles identifiées lors de la course entière.

	SSE-M (N=154)		SSE-D (N=15)		SSE-E (N=18)		SDE (N=17)	
	<i>Mean</i>	<i>SD</i>	<i>Mean</i>	<i>SD</i>	<i>Mean</i>	<i>SD</i>	<i>Mean</i>	<i>SD</i>
The full cycle								
Difference timing catch angle (s)	0.05	0.04	0.07	0.04	0.06	0.04	0.06	0.04
Angle CRP (°)	2.21	2.68	2.57	3.37	1.54	2.71	2.00	2.46
SD Angle CRP (°)	9.90	2.20	10.40	2.39	8.91	1.90	9.79	2.72
Gap between each force peak level (N)	5.64	10.78	11.03	4.69	1.06	10.33	6.43	11.21
Gap timing between each force peak (%)	0.36	1.48	0.07	0.88	0.78	1.63	0.12	1.50
The Drive phase								
Angle CRP (°)	4.66	7.78	2.85	9.59	4.89	7.64	2.78	5.72
SD Angle CRP (°)	11.87	4.15	11.74	3.10	10.45	4.00	11.26	4.23
First half of the Drive								
Angle CRP (°)	6.50	10.54	5.31	11.32	8.26	11.19	3.25	8.95
SD Angle CRP (°)	11.50	4.91	11.22	4.83	9.75	4.69	10.13	3.60
Second half of the Drive								
Angle CRP (°)	8.57	3.76	0.39	9.31	1.50	5.82	2.26	5.49
SD Angle CRP (°)	8.93	5.30	9.25	4.45	7.52	3.56	9.15	6.66
The Recovery phase								
Angle CRP (°)	-13.08	44.55	-15.91	40.45	-24.12	38.14	-12.79	55.16
SD Angle CRP (°)	92.61	32.44	88.43	32.76	95.93	25.28	97.60	29.65
First half of the Recovery								
Angle CRP (°)	-10.46	23.46	-7.60	18.53	-16.03	22.59	-11.71	25.25
SD Angle CRP (°)	27.36	11.54	21.66	7.17	29.75	13.98	27.17	13.64
Second half of the Recovery								
Angle CRP (°)	-15.95	71.49	-24.33	70.26	-32.30	59.89	-14.32	88.08
SD Angle CRP (°)	121.17	45.18	115.18	44.09	127.63	33.68	127.74	38.02

Note : CRP = Continuous Relative Phase

Tableau 14 : La moyenne des indicateurs à l'échelle du bateau sur chaque partie du cycle pour les quatre catégories expérientielles identifiées lors de la course entière.

	SSE-M (N=154)		SSE-D (N=15)		SSE-E (N=18)		SDE (N=17)	
	<i>Mean</i>	<i>SD</i>	<i>Mean</i>	<i>SD</i>	<i>Mean</i>	<i>SD</i>	<i>Mean</i>	<i>SD</i>
The full cycle								
Boat velocity (m.s ⁻¹)	3.38	0.17	3.41	0.06	3.41	0.06	3.39	0.05
Boat acceleration (m.s ⁻²)	0.03	0.06	-0.002	0.07	0.01	0.04	0.01	0.05
The Drive phase								
Boat velocity (m.s ⁻¹)	2.85	0.20	2.88	0.10	2.87	0.08	2.89	0.11
Boat acceleration (m.s ⁻²)	0.69	0.13	0.64	0.13	0.66	0.09	0.68	0.12
First half of the Drive								
Boat velocity (m.s ⁻¹)	2.38	0.21	2.43	0.06	2.42	0.06	2.39	0.06
Boat acceleration (m.s ⁻²)	-0.53	0.39	-0.66	0.41	-0.63	0.43	-0.40	0.46
Second half of the Drive								
Boat velocity (m.s ⁻¹)	3.30	0.22	3.31	0.17	3.31	0.14	3.37	0.20
Boat acceleration (m.s ⁻²)	1.90	0.35	1.93	0.42	1.93	0.38	1.76	0.45
The Recovery phase								
Boat velocity (m.s ⁻¹)	3.67	0.14	3.69	0.07	3.70	0.06	3.66	0.07
Boat acceleration (m.s ⁻²)	-0.33	0.07	-0.34	0.05	-0.33	0.06	-0.36	0.05
First half of the Recovery								
Boat velocity (m.s ⁻¹)	3.79	0.15	3.83	0.09	3.82	0.08	3.79	0.07
Boat acceleration (m.s ⁻²)	-0.14	0.04	-0.13	0.05	-0.15	0.04	-0.16	0.04
Second half of the Recovery								
Boat velocity (m.s ⁻¹)	3.55	0.13	3.56	0.07	3.58	0.07	3.53	0.08
Boat acceleration (m.s ⁻²)	-0.50	0.12	-0.54	0.13	-0.50	0.11	-0.56	0.10

APPENDICE 6

CORRÉLATS MÉCANIQUES DES CATÉGORIES
PHÉNOMÉNOLOGIQUES COLLECTIVES : ÉTUDE 2

APPENDICE 6 : CORRÉLATS MÉCANIQUES DES CATÉGORIES PHÉNOMÉNOLOGIQUES COLLECTIVES DE L'ÉTUDE 2

Une fois l'ensemble des catégories expérientielles (i.e., catégories phénoménologiques collectives) identifiées et mises en relation avec les coups de rame correspondant, les moyennes et écart-types des indicateurs mécaniques, tels que relevés dans les échantillons données issues des différentes catégories expérientielles, peuvent être calculées. Sur la base de ces corrélats mécaniques des tests statistiques de type ANOVAs et Kruskal-Wallis ont pu être appliqués en fonction de la distribution de chacune des variables mécaniques.

Tableau 15 : La moyenne des indicateurs individuels sur le cycle complet pour les quatre catégories expérientielles identifiées lors de la course entière.

	SSE-M (N=82)				SSE-D (N=21)				SSE-E (N=94)				SDE (N=12)			
	Stroke Rower		Bow Rower		Stroke Rower		Bow Rower		Stroke Rower		Bow Rower		Stroke Rower		Bow Rower	
	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD
Force at oarlock (N)	18.62	0.91	15.31	0.76	18.35	0.72	15.55	0.88	19.01	0.90	15.63	0.75	18.58	0.66	15.43	0.66
SD Force (N)	33.78	1.44	30.94	1.35	33.45	0.97	30.99	1.53	34.24	1.48	31.47	1.25	33.75	0.96	31.11	1.22
Linear momentum (kg.m.s ⁻¹)	56.48	3.11	53.01	2.69	56.93	2.09	53.33	3.00	56.44	3.08	53.80	2.59	56.52	2.77	53.58	2.54
Force peak (N)	103.30	4.98	94.76	4.85	102.99	3.22	94.77	5.85	104.78	5.06	96.49	4.10	103.54	3.84	94.28	4.60
Force peak timing (%)	18.82	0.94	17.95	0.84	18.90	0.89	17.90	1.00	18.94	0.73	17.93	0.75	19.17	0.94	17.58	0.79
Range of motion (°)	92.90	1.03	87.41	1.02	92.55	1.08	87.20	1.08	93.23	0.93	87.41	1.23	92.79	1.26	87.23	0.88
Catch Angle (°)	-56.30	0.92	-57.83	1.02	-56.06	0.86	-57.87	1.15	-56.44	0.90	-57.77	1.08	-56.26	1.50	-57.81	0.97
Angle oar velocity (°.s ⁻¹)	0.01	0.34	0.01	0.41	0.02	0.34	0.04	0.43	-0.02	0.29	-0.01	0.45	0.03	0.33	-0.05	0.33
Variability of the Angle oar velocity (°.s ⁻¹)	60.84	0.75	57.57	0.82	61.15	0.91	58.04	1.00	61.32	0.80	57.90	0.92	60.75	0.71	57.75	0.97

Note: SSE-M, Joint action Simultaneously and Similarly Experienced as Meaningless; SSE-D, Joint action Simultaneously and Similarly Experienced as Detrimental; SSE-E, Joint action Simultaneously and Similarly Experienced as Effective; SDE, Simultaneously Diverging Experiences of joint action.

Tableau 16 : La moyenne des indicateurs individuels sur chaque partie de la phase de propulsion pour les quatre catégories expérientielles identifiées lors de la course entière.

	SSE-M (N=82)				SSE-D (N=21)				SSE-E (N=94)				SDE (N=12)			
	Stroke Rower		Bow Rower		Stroke Rower		Bow Rower		Stroke Rower		Bow Rower		Stroke Rower		Bow Rower	
	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD
The Drive phase																
Force at oarlock (N)	54.92	4.18	48.27	4.03	54.55	3.39	49.20	3.99	56.89	3.22	49.97	2.97	55.67	3.98	49.45	3.12
SD Force (N)	37.39	2.02	34.68	1.96	37.13	1.72	34.17	2.51	37.30	1.97	34.98	1.64	37.27	1.17	34.54	1.79
Angular amplitude (°)	92.50	1.27	86.88	1.13	92.17	1.24	86.74	1.43	92.87	1.08	86.85	1.25	92.48	1.57	86.75	0.96
Angular velocity (°·s ⁻¹)	79.33	4.70	73.33	5.61	80.45	4.58	74.80	5.17	81.35	3.16	74.94	3.62	80.47	3.94	74.57	4.33
SD Velocity (°·s ⁻¹)	32.35	4.11	37.48	5.49	31.59	4.10	36.82	4.72	30.85	2.79	36.67	4.48	31.49	2.98	37.30	4.84
First half of the Drive																
Force at oarlock (N)	50.87	4.76	47.65	4.08	49.11	4.66	47.86	4.31	50.88	4.33	48.05	3.96	48.48	3.73	48.59	4.05
SD Force (N)	33.45	2.26	30.60	1.97	33.15	1.72	30.30	2.55	33.85	2.27	31.18	1.69	32.93	1.32	30.55	1.61
Angular amplitude (°)	37.78	3.82	33.67	2.08	37.30	3.95	34.52	2.35	37.51	2.59	34.54	1.73	36.83	2.70	33.08	1.59
Angular velocity (°·s ⁻¹)	66.82	2.45	66.61	4.71	67.07	3.06	65.89	5.47	66.91	2.27	66.20	4.66	66.34	2.01	65.70	5.29
SD Velocity (°·s ⁻¹)	23.89	1.93	24.12	4.90	23.52	1.75	25.45	5.04	23.44	1.83	24.16	5.41	23.36	1.87	25.18	5.32
Second half of the Drive																
Force at oarlock (N)	59.48	9.80	49.52	9.39	60.61	8.94	51.29	10.38	64.19	6.47	53.32	6.65	63.17	8.09	50.84	8.53
SD Force (N)	39.98	2.35	37.91	2.11	39.48	2.10	36.91	2.19	39.50	2.32	38.43	2.01	39.73	2.20	37.76	1.66
Angular amplitude (°)	53.65	3.64	52.20	1.98	54.04	3.63	51.30	2.61	55.36	2.64	52.31	1.89	54.53	2.99	52.40	1.51
Angular velocity (°·s ⁻¹)	91.67	10.72	80.18	13.04	93.68	10.55	83.85	13.89	96.03	7.08	84.27	8.81	94.30	8.60	83.42	11.64
SD Velocity (°·s ⁻¹)	32.88	9.32	44.32	9.20	31.05	8.75	40.97	9.20	29.29	6.14	42.72	7.31	31.01	7.73	42.66	9.32

Note: SSE-M, Joint action Simultaneously and Similarly Experienced as Meaningless; SSE-D, Joint action Simultaneously and Similarly Experienced as Detrimental; SSE-E, Joint action Simultaneously and Similarly Experienced as Effective; SDE, Simultaneously Diverging Experiences of joint action.

Tableau 17 : La moyenne des indicateurs individuels sur chaque partie de la phase de retour pour les quatre catégories expérientielles identifiées lors de la course entière.

	SSE-M (N=82)				SSE-D (N=21)				SSE-E (N=94)				SDE (N=12)			
	Stroke Rower		Bow Rower		Stroke Rower		Bow Rower		Stroke Rower		Bow Rower		Stroke Rower		Bow Rower	
	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD
The Recovery phase																
Force at oarlock (N)	0.23	0.23	-1.38	0.22	0.23	0.22	-1.29	0.26	0.25	0.26	-1.39	0.27	0.29	0.18	-1.37	0.17
SD Force (N)	1.79	0.20	1.73	0.24	1.86	0.19	1.83	0.25	1.87	0.18	1.77	0.24	1.81	0.19	1.73	0.21
Angular amplitude (°)	92.36	1.22	86.75	1.20	92.00	1.42	86.48	1.13	92.84	1.00	86.76	1.39	92.29	1.32	86.84	1.05
Angular velocity (°·s ⁻¹)	-39.88	1.71	-36.93	1.13	-39.90	1.52	-37.14	1.18	-39.93	1.13	-36.91	0.91	-39.36	1.35	-36.65	1.14
SD Velocity (°·s ⁻¹)	14.70	1.99	11.97	1.40	15.07	2.03	12.39	1.92	15.40	1.35	12.88	1.32	15.34	1.75	12.77	1.34
First half of the Recovery																
Force at oarlock (N)	-0.27	0.29	-2.13	0.27	-0.33	0.32	-2.09	0.30	-0.32	0.29	-2.16	0.26	-0.19	0.20	-2.15	0.16
SD Force (N)	1.02	0.46	0.94	0.24	1.17	0.44	1.07	0.25	1.17	0.34	0.96	0.25	1.11	0.42	0.90	0.22
Angular amplitude (°)	39.89	1.80	37.07	1.97	39.57	1.90	37.55	1.68	39.33	1.49	36.60	1.86	40.14	1.38	37.13	1.78
Angular velocity (°·s ⁻¹)	-34.28	2.63	-32.33	1.78	-34.15	2.49	-32.63	1.77	-33.63	1.90	-31.62	1.46	-34.00	2.25	-32.07	1.84
SD Velocity (°·s ⁻¹)	15.96	2.94	11.88	2.22	16.69	2.74	12.28	2.58	16.87	1.84	12.99	1.87	16.94	2.37	13.48	1.73
Second half of the Recovery																
Force at oarlock (N)	0.74	0.26	-0.62	0.34	0.79	0.19	-0.48	0.32	0.82	0.26	-0.61	0.34	0.78	0.26	-0.58	0.28
SD Power (W)	2.17	0.20	1.95	0.29	2.18	0.18	2.03	0.34	2.21	0.23	2.01	0.33	2.18	0.17	1.95	0.30
Angular amplitude (°)	52.47	1.95	49.68	1.95	52.43	2.32	48.93	2.24	53.51	1.78	50.16	1.87	52.15	2.21	49.72	2.05
Angular velocity (°·s ⁻¹)	-45.49	1.74	-41.59	1.80	-45.68	2.22	-41.73	2.84	-46.27	1.48	-42.28	2.01	-44.77	1.60	-41.30	2.29
SD Velocity (°·s ⁻¹)	10.32	1.45	9.63	2.03	9.96	1.59	10.02	2.52	10.10	1.57	9.79	2.13	10.95	0.84	9.31	3.10

Note: SSE-M, Joint action Simultaneously and Similarly Experienced as Meaningless; SSE-D, Joint action Simultaneously and Similarly Experienced as Detrimental; SSE-E, Joint action Simultaneously and Similarly Experienced as Effective; SDE, Simultaneously Diverging Experiences of joint action.

Tableau 18 : La moyenne des indicateurs interpersonnels sur chaque partie du cycle pour les quatre catégories expérientielles identifiées lors de la course entière.

	SSE-M (N=82)		SSE-D (N=21)		SSE-E (N=94)		SDE (N=12)	
	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD
The full cycle								
Difference timing catch angle (s)	0.01	0.03	0.00	0.03	0.01	0.02	0.00	0.03
Angle CRP (°)	2.72	1.98	2.42	3.39	2.47	2.51	2.40	2.74
SD Angle CRP (°)	6.92	1.22	7.93	2.57	5.97	1.55	6.23	2.03
Gap between each force peak level (N)	-8.54	7.32	-8.22	5.71	-8.29	6.00	-9.26	6.38
Gap timing between each force peak (%)	0.87	1.03	1.00	1.18	1.01	0.92	1.58	1.08
The Drive phase								
Angle CRP (°)	8.93	5.44	7.56	7.93	9.40	6.01	8.65	5.88
SD Angle CRP (°)	11.32	2.23	14.77	3.33	12.67	3.65	11.71	3.47
First half of the Drive								
Angle CRP (°)	8.48	7.95	6.23	10.83	9.10	8.19	7.27	6.37
SD Angle CRP (°)	8.95	2.46	11.47	3.38	12.79	2.54	9.96	2.57
Second half of the Drive								
Angle CRP (°)	9.31	5.24	8.83	6.07	9.62	5.31	9.96	5.83
SD Angle CRP (°)	11.57	3.85	14.25	5.23	12.48	2.68	16.83	5.66
The Recovery phase								
Angle CRP (°)	-9.84	28.05	-12.13	25.59	-8.60	20.77	-3.21	15.36
SD Angle CRP (°)	60.27	31.61	75.12	32.17	55.58	27.89	64.37	30.89
First half of the Recovery								
Angle CRP (°)	-9.69	17.38	-9.21	18.50	-11.16	14.40	-7.70	12.17
SD Angle CRP (°)	17.56	8.73	25.78	10.32	17.84	8.22	21.33	10.40
Second half of the Recovery								
Angle CRP (°)	-9.95	42.84	-15.03	38.09	-6.25	31.54	1.38	22.45
SD Angle CRP (°)	80.15	43.81	93.24	58.69	82.36	41.56	78.52	48.14

Note: CRP= Continuous Relative Phase; SSE-M, Joint action Simultaneously and Similarly Experienced as Meaningless; SSE-D, Joint action Simultaneously and Similarly Experienced as Detrimental; SSE-E, Joint action Simultaneously and Similarly Experienced as Effective; SDE, Simultaneously Diverging Experiences of joint action.

Tableau 19 : La moyenne des indicateurs à l'échelle du bateau sur chaque partie du cycle pour les quatre catégories expérientielles identifiées lors de la course entière.

	SSE-M (N=82)		SSE-D (N=21)		SSE-E (N=94)		SDE (N=12)	
	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD
The full cycle								
Boat velocity (m.s ⁻¹)	3.29	0.06	3.29	0.04	3.34	0.07	3.32	0.03
Boat acceleration (m.s ⁻²)	-0.01	0.03	-0.02	0.03	-0.01	0.03	-0.01	0.02
The Drive phase								
Boat velocity (m.s ⁻¹)	2.77	0.10	2.73	0.09	2.80	0.08	2.78	0.07
Boat acceleration (m.s ⁻²)	0.86	0.09	0.84	0.09	0.87	0.07	0.87	0.08
First half of the Drive								
Boat velocity (m.s ⁻¹)	2.24	0.08	2.28	0.07	2.21	0.08	2.25	0.05
Boat acceleration (m.s ⁻²)	-0.23	0.26	-0.30	0.30	-0.29	0.24	-0.31	0.23
Second half of the Drive								
Boat velocity (m.s ⁻¹)	3.28	0.15	3.23	0.13	3.28	0.11	3.28	0.10
Boat acceleration (m.s ⁻²)	1.94	0.30	1.98	0.32	2.07	0.20	2.04	0.25
The Recovery phase								
Boat velocity (m.s ⁻¹)	3.56	0.06	3.56	0.05	3.61	0.07	3.58	0.03
Boat acceleration (m.s ⁻²)	-0.44	0.03	-0.44	0.04	-0.44	0.03	-0.45	0.04
First half of the Recovery								
Boat velocity (m.s ⁻¹)	3.72	0.07	3.72	0.06	3.77	0.08	3.76	0.02
Boat acceleration (m.s ⁻²)	-0.23	0.03	-0.23	0.03	-0.23	0.02	-0.23	0.02
Second half of the Recovery								
Boat velocity (m.s ⁻¹)	3.39	0.07	3.40	0.05	3.44	0.08	3.40	0.05
Boat acceleration (m.s ⁻²)	-0.65	0.06	-0.65	0.07	-0.65	0.05	-0.66	0.08

Note: SSE-M, Joint action Simultaneously and Similarly Experienced as Meaningless; SSE-D, Joint action Simultaneously and Similarly Experienced as Detrimental; SSE-E, Joint action Simultaneously and Similarly Experienced as Effective; SDE, Simultaneously Diverging Experiences of joint action.

ANNEXE 2

UNE ANALYSE CROISÉE DES DONNÉES COMPORTEMENTALES ET PHÉNOMÉNOLOGIQUES

Illustration à partir de l'Étude 3

ANNEXE 2 : APPRÉHENDER LA (CO-)RÉGULATION ACTIVE AU SEIN D'UN COLLECTIF À L'AIDE D'UNE ANALYSE CROISÉE DES DONNÉES COMPORTEMENTALES ET PHÉNOMÉNOLOGIQUES

Dans l'Étude 3, nos résultats nous ont permis d'identifier des moments spécifiques de co-régulation active lors de la phase de propulsion du bateau.

L'Appendice 7 présente une partie de l'analyse thématique effectuée pour construire les catégories expérientielles

L'Appendice 8 présente la manière dont le ratio d'ajustement mutuel a été calculé

APPENDICE 7

ANALYSE DES DONNÉES D'EXPÉRIENCE

APPENDICE 7 : ANALYSE DES DONNÉES D'EXPÉRIENCE

En reprenant la méthodologie de traitement des données phénoménologiques comme expliqué dans les appendices 1 et 3, les données d'expérience ont été traitées en croisant des catégories classiques du signe hexadique (préoccupations et perceptions) des deux rameuses et les niveaux d'organisation de l'activité collective pour chacune des courses. Les résultats ont pointé que les rameurs régulaient leur activité sur trois niveaux d'organisation différents. Ces niveaux d'organisation sont : (a) le niveau individuel, (b) le niveau interpersonnel et (c) le niveau global (i.e., le bateau). Nous présentons, ici, les engagements et les perceptions des rameurs que nous avons identifiés dans les verbatims pour la course à cadence 18.

Tableau 20 : Illustration de l'analyse des données phénoménologiques en croisant les niveaux d'organisations et l'engagement des rameurs.

Niveau d'organisation	Portion	Verbatim CN	Verbatim n°2
Niveau individuel	Entrée	<i>J'essaie de me relâcher mais rien de spécial</i>	<i>Je fais attention à ma hauteur de pelle car ça la gênait</i>
	Sortie	<i>J'essaie toujours de ne pas me déborder,</i>	<i>J'essayais de ne pas trop me coucher derrière</i>
Niveau interpersonnel	Entrée	<i>Non en fait pour pas être à la bourre je raccourcis devant...</i>	<i>Ouais, je lui avais dit check pour bien reprendre ensemble devant</i>
	Sortie	<i>Je sais qu'à partir de ce moment là je ne plaque pas assez... Je l'ai dit à (Rameur n°2) aussi ... pour essayer de re-stabiliser</i>	<i>En fait moi du coup je suis de son côté, le bateau est plat mais on se fait mal au dos, quand je dis il ne faut pas se déborder on essaye de se mettre droite comme ça le bateau sera plat et on n'aura pas mal au dos</i>
Niveau global	Entrée	<i>Continuer à garder la vitesse du bateau</i>	<i>Plus alimenter la coque. Améliorer la vitesse quoi.</i>
	Sortie	<i>et vu que je parlais ça veut dire que le bateau n'avance plus,</i>	<i>Vraiment essayer de trouver ce qui peut améliorer la vitesse de la coque ...</i>

Tableau 21 : Illustration de l'analyse des données phénoménologiques en croisant les niveaux d'organisations et la perception des rameurs.

Niveau d'organisation	Portion	Verbatim CN	Verbatim n°2
Niveau individuel	Entrée	<i>Là je sentais un décalage surtout dans les jambes...</i>	<i>On sent que devant c'est moins net et rapide</i>
	Sortie	<i>Moi à ce moment-là j'ai senti que derrière je ne faisais plus exactement comme il faut</i>	<i>Je fais attention à ma hauteur de pelle car ça la gênait</i>
Niveau interpersonnel	Entrée	<i>Devant il y a des décalages</i>	<i>C'était devant, soit j'arrivais avant elle, soit elle arrivait avant moi et du coup ça faisait des petits décalages.</i>
	Sortie	<i>Donc du coup, je sentais que l'on raccourcissait derrière</i>	<i>Parce que du coup ça faisait vraiment essuie-glace. On revenait aussi vite que l'on avait poussé dans l'eau</i>
Niveau global	Entrée	<i>Du coup ça se ressent, on avance plus</i>	<i>A partir du moment où l'on fait des zigs zags, c'est qu'il y en a une qui met ça pelle avant ...</i>
	Sortie	<i>Vu que c'est (le bateau) sur moi</i>	<i>Ouais parce dès que c'est un peu moins stable</i>

Figure 2 : Illustre ce vers quoi les rameurs sont engagés lors de l'entrée dans l'eau des rames à la cadence de 18 coups par minute.

Individuel	Interpersonnel	Bateau
<p><i>Elle dit « bien relâchées » → Bin en fait on est vraiment tendu des épaules et du coup bah devant on met moins de vitesse.</i></p> <p>Bin on repart bien sur les jambes parce que du coup la on sentait qu'on avait plus trop la vitesse</p>	<p><i>il y a un truc qui s'est mal passé, nos pelles était pas à la même hauteur, ou on était pas ensemble devant</i></p> <p>du coup j'essaie de bien ressentir ce qu'elle fait pour que devant on soit bien ensemble, ou je lui dis des fois.</p>	<p><i>Du coup je vais lui dire un truc...oui, « jambes » je lui dis. Pour relancer la coque et pour qu'il (le bateau) soit plus stable et puis je sentais que le bateau ralentissait et je me suis dit qu'il fallait en remettre une couche</i></p> <p>Euhh enfin je pense c'est vraiment devant, à reprendre tout de suite, continuer à garder la vitesse, et peut-être un peu moins sur les points techniques.</p> <p>Mais [...] toutes les deux on essaye de relancer [le bateau]</p>

Note : La couleur noire correspond au niveau individuel, la couleur gris foncée correspond au niveau interpersonnel et la couleur gris foncée correspond au niveau global. Les éléments écrits en italique renvoient à la chef de nage et les éléments écrits en « normal » renvoient à la rameuse n°2.

Figure 3 : Illustre ce vers quoi les rameurs sont ouverts (i.e., ce qu'ils perçoivent) lors de l'entrée dans l'eau des rames à la cadence de 18 coups par minute.

[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]
<p><i>Genre additionner, devant je mets les jambes mais après je ne tiens pas forcément hyper fort, parce que du coup après je me sens trop contractée...</i></p> <p>C'est vrai qu'on sentait que devant c'était plus dur, y'avait plus de résistance, ouais on était moins relâcher et du coup on était beaucoup plus crispées et bin on était moins à l'aise du coup.</p>	<p><i>La on sent que c'est moins tonique devant</i></p> <p><i>la on entend la palette d'Agathe qui fait ça, ça veut dire que le bateau a fait comme ça...</i></p> <p>Oui je ressens euhh quand on est bien ensemble je le sens ouais. [...] Là oui, en se remettant on le sentait.</p> <p>C'est surtout quand on commence à décoller les jambes, parce que si on ne les décolle pas ensemble le bateau va avoir tendance à bouger un peu alors que si on les décolle bien ensemble le bateau va rester stable [...] Parce que ça nous arrive des fois d'être en décalé et du coup moi c'est surtout sur ça que je me base pour savoir si on est bien.</p>	<p><i>il y a eu un coup de merde du coup j'ai dit aller, quand le bateau il tape d'un côté...</i></p> <p>enfin y'a des moments où on n'est pas, devant on est pas bien enfin moi surtout je le vois à la pointe du bateau je vois qu'on fait des petits zig zag quoi.</p> <p>Ouais, ouais on sent que ça (le bateau) part moins en vitesse devant [...] le bateau qui est plus lourd et du coup nous on le ressent.</p>

Note : La couleur noire correspond au niveau individuel, la couleur gris foncée correspond au niveau interpersonnel et la couleur gris foncée correspond au niveau global. Les éléments écrits en italique renvoient à la chef de nage et les éléments écrits en « normal » renvoient à la rameuse n°2.

Figure 4 : Illustre ce vers quoi les rameurs sont engagés lors de la sortie de l'eau des rames à la cadence de 18 coups par minute.

Niveau individuel	Niveau interpersonnel	Niveau global
<p><i>Je me concentre sur le fait d'additionner avec les bras derrière quoi.</i></p> <p>Bin je sais que moi c'est bien appuyer derrière pour repartir</p> <p>Oui là j'ai dit « ça déroule derrière »</p> <p>bah j'essaye de trouver les points techniques qu'on peut améliorer toutes les deux.</p>	<p><i>Oui c'est automatique, de tout façon on ne voit pas nos pelles, c'est une question de sensation je sais qu'à ce moment là (sur l'arrière) il faut que je monte les mains, je la vois quand elle monte ses mains, je regarde toujours son dos</i></p> <p>Que l'on ait bien les mêmes hauteurs de pelle (sur l'arrière) [...] Oui pour que derrière Marie soit à l'aise aussi et qu'on soit toutes les deux à la même euhh...</p> <p>La du coup j'ai dit « plaquées » pour qu'on garde bien les jambes plaquées longtemps et que du coup on reste bien ensemble euhh sur les coups</p> <p>le fait de dire plaquée ça va nous permettre de placer longtemps de nous étirer et euh du coup d'être ensemble</p>	<p><i>et vu que je parlais ça veux dire que le bateau avance plus, on est moins lié, non c'est le bateau, on fait n'importe quoi ça vient ni de elle ni de moi..</i></p> <p>Là c'était plus essayé d'alimenter la coque. Améliorer la vitesse quoi.</p>

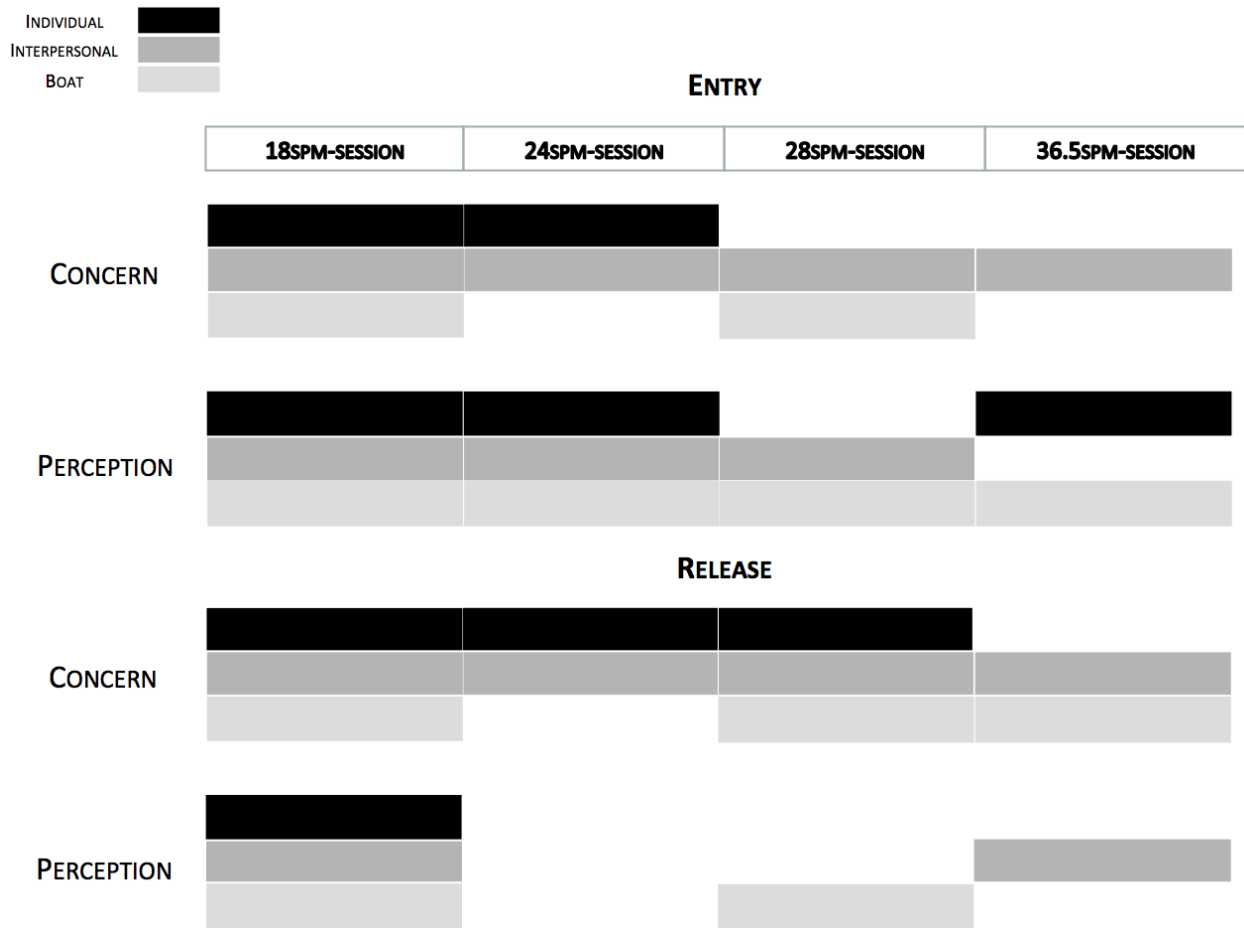
Note : La couleur noire correspond au niveau individuel, la couleur gris foncée correspond au niveau interpersonnel et la couleur gris foncée correspond au niveau global. Les éléments écrits en italique renvoient à la chef de nage et les éléments écrits en « normal » renvoient à la rameuse n°2.

Figure 5 : Illustre ce vers quoi les rameurs sont ouverts (i.e., ce qu'ils perçoivent) lors de la sortie de l'eau des rames à la cadence de 18 coups par minute.

Niveau individuel	Niveau interpersonnel	Niveau global
<p><i>Je fais attention à ma hauteur de pelle car ça la gênait</i></p> <p>Moi à ce moment-là j'ai senti que derrière je ne faisais plus exactement comme il faut</p>	<p><i>on était pas ensemble derrière...dans le placement</i></p> <p>Ouais c'était pour elle je sentais qu'on allait moins loin derrière, enfin surtout elle peut-être que je me trompe mais c'était sur mes sensations, j'ai senti qu'elle allait moins loin que moi derrière, du coup j'étais un peu gêné,</p>	<p><i>Ouais pareil sur l'arrière (le bateau) ouais, on sent que ça ralentit... je le sens, je sens que le bateau va moins vite (...) au début on est parti, 8 minutes ça va être long peut être qu'inconsciemment on se dit on ralentit, mais je pense que c'est comme ça pour tout le monde surtout si on a pas d'adversaire</i></p> <p>Ouais parce dès que c'est un peu moins stable</p>

Note : La couleur noire correspond au niveau individuel, la couleur gris foncée correspond au niveau interpersonnel et la couleur gris foncée correspond au niveau global. Les éléments écrits en italique renvoient à la chef de nage et les éléments écrits en « normal » renvoient à la rameuse n°2.

Figure 6 : *Illustre ce vers quoi les rameurs sont engagés et ouverts lors de l'entrée et de la sortie de l'eau des rames pour chacune des cadences.*



Note : La couleur noire correspond au niveau individuel, la couleur gris foncée correspond au niveau interpersonnel et la couleur gris foncée correspond au niveau global.

APPENDICE 8

VERSION ADAPTÉE DE L'UNCONTROLLED MANIFOLD

APPENDICE 8 : VERSION ADAPTÉE DE L'UNCONTROLLED MANIFOLD

La méthodologie inhérente à l'application de l'Uncontrolled Manifold est détaillée dans l'article relatif à l'étude 3 (Tome 2, Page 38). Ici nous exposons le programme Matlab qui a été utilisé pour calculer le ratio d'ajustement mutuel pour chaque instant de la phase propulsive moyenne lors de chacune des cadences. Dans cette perspective, la première étape consistait à calculer la phase angulaire de chaque rameuse lors de la phase de propulsion du bateau. La deuxième étape avait pour objectif d'obtenir l'ensemble des phases, pour chaque instant du drive. Une fois l'ensemble (i.e., pour chaque coups de rame) des phases obtenues, les données étaient reportées sur un graphique avec en abscisse les données de la chef de nage et en ordonné les données de la rameuse n°2. La troisième étape consistait à tracer une droite linéaire passant par l'origine (i.e., comme synchronisation parfaite des rameurs). La quatrième étape équivalait à faire une rotation des points et de la droite linéaire de 45° (i.e., pour que la droite linéaire soit parallèle à l'axe des abscisses). La cinquième étape consistait à calculer la variance sur l'axe des x (i.e., « la bonne variance ») et des y (i.e., « la mauvaise variance »). La dernière étape pour obtenir le ratio d'ajustement mutuel était la division de la « bonne variance » par la « mauvaise variance ».

Figure 7 : Capture d'écran du code Matlab qui a permis de calculer le ratio d'ajustement mutuel.

```

UCM_point_by_point.m* x +
2
3 X=[1:51];
4 Y=[];
5
6 P1=Phi1Drive_n(5:64,:); %--> Phase du rameur 1 drive
7 P2=Phi2Drive_n(5:64,:); %--> Phase du rameur 2 drive
8 % P3=P3; %--> Phase du rameur 1 recovery
9 % P4=P4; %--> Phase du rameur 2 recovery
10
11 P1=P1';
12 P2=P2';
13 % P3=P3';
14 % P4=P4';
15 %%
16
17 %%%%%%%%%%%%% Drive %%%%%%%%%%%%%
18 for i=1:51;
19 % Create the mains vectors (used as the next matrice)
20 vect=[sqrt(2)/2 -sqrt(2)/2 ; sqrt(2)/2 sqrt(2)/2];
21
22 A=P1(i,:);
23 B=P2(i,:);
24 %% Rotation of the plot in the new matrice
25 xy=vect'*[A;B];
26
27 % figure
28 % plot((xy(1,:)),(xy(2,:)))
29 % axis equal
30
31 %% Variance computation
32 V(i,:)=var(xy'); %% The result obtained is : left: VarUCM (compensated) and right: VarORT (uncompensated)
33
34 %% Synergy Ratio, Ri (VarUCM/VarOrt)
35 Ri(i)=V(i,1)/V(i,2);
36 end
37 figure
38 plot(Ri);
39

```


Thèse de Doctorat

Mehdi R'KIOUAK

« Ramer ensemble » en aviron : entre régulation inter- et extra-personnelle
Contribution à une approche enactive des couplages sociaux

"Rowing together": between inter- and extra-personal regulation in rowing
Contribution to an enactive approach of social couplings

Résumé

En s'inscrivant dans une approche éactive et interdisciplinaire de la coordination interpersonnelle (Bourbousson, 2015), cette thèse visait à mieux comprendre la manière dont des rameurs expérimentés en aviron (co-)régulaient leur activité collective en temps réel en relation avec leur bateau. Trois études de cas sur des équipages en deux de pointe sans barreur composent cette thèse.

L'Étude 1 pointe que (a) les deux rameurs faisaient rarement simultanément l'expérience de leur action conjointe, (b) certains coups de rame étaient cependant simultanément vécus comme efficaces ou non-efficaces, et (c) les rameurs régulaient activement leur activité collective en s'ajustant mutuellement aux comportements de leur partenaire (i.e., (co-)régulation interpersonnelle).

L'Étude 2 montre qu'à l'issue du programme d'entraînement (a) la proportion du nombre d'expériences simultanément vécues par les rameurs relatives à leur action conjointe avait significativement augmentée, et (b) les rameurs régulaient activement leur activité collective en s'ajustant aux variations dynamiques de leur environnement matériel commun, le bateau (i.e., (co-)régulation extra-personnelle).

L'Étude 3 pointe que les rameurs modifiaient la nature de leurs ajustements mutuels en relation avec différentes contraintes de cadence imposées. En outre, les adaptations comportementales des rameurs ont suggéré l'existence d'une propriété de « dégénérescence » (Araujo & Davids, 2016) dans le système social que constituent les rameurs. Enfin, les expériences vécues rapportées par les rameurs étaient concomitantes des moments saillants d'ajustements mutuels suggérant des formes de « participatory sense-making » dans les instants de co-régulation (Di Paolo & De Jaegher, 2010).

Mots clés :

Coordination extra-personnelle, (Co-)régulation active, Méthodologie interdisciplinaire, Stigmergie, Coordination interpersonnelle, Ajustements mutuels, Approche éactive

Abstract

By adopting an enactive and interdisciplinary approach to interpersonal coordination (Bourbousson, 2015, De Jaegher & Di Paolo, 2007), this thesis aimed to better understand the way in which experienced rowers in rowing (co-)regulated their collective activity in time in relation to the boat. Three case studies of coxless-pair crews composed this thesis.

Study 1 points out that (a) the two rowers rarely experienced simultaneous joint action at the same time, (b) there were simultaneously experienced oar strokes as effective or detrimental, and (c) suggested that rowers actively regulated their collective activity by adjusting to each other's behaviors (i.e., interpersonal (co-)regulation).

Study 2 shows that at the end of the training program (a), the proportion of the number of experiences simultaneously lived by the rowers relative to their mutual coordination significantly increased, and (b) suggested that rowers actively regulated their collective activity by adjusting to boat behavior (i.e., extra-personal (co-)regulation).

Study 3 points out that the rowers modified the nature of their mutual adjustments in relation to different imposed cadence constraints. In addition, behavioral adaptations of rowers suggested the existence of a "degeneration" property (Araujo & Davids, 2016) in the social system constituted by the rowers. Finally, the lived experiences reported by the rowers were concomitant with the salient moments of mutual adjustment, as observed in the behavioral data, suggesting participatory sense-making forms in the moments of co-regulation (Di Paolo & De Jaegher, 2010).

Key Words:

Extra-personal coordination, Active (co-)regulation, Interdisciplinary methodology, Stigmergy, Interpersonal coordination, Mutual adjustments, Enactive approach