



HAL
open science

Stabiliser le vol d'un voilier à foils : le bateau comme partenaire

Eric Terrien

► To cite this version:

Eric Terrien. Stabiliser le vol d'un voilier à foils : le bateau comme partenaire : Contribution à la compréhension des interactions Humains-Matériel-Environnement en sport dans une approche enactive. Sciences de l'Homme et Société. Université de Nantes (1962-2021), 2020. Français. NNT : . tel-03990529

HAL Id: tel-03990529

<https://nantes-universite.hal.science/tel-03990529>

Submitted on 15 Feb 2023

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

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

Thèse de doctorat de

L'UNIVERSITE DE NANTES

ECOLE DOCTORALE N° 603

Education, Langages, Interaction, Cognition, Clinique

Spécialité : *Sciences et Techniques des Activités Physiques et Sportives*

Par

Eric TERRIEN

Stabiliser le vol d'un voilier à foils : le bateau comme partenaire

Contribution à la compréhension des interactions Humains-Matériel-Environnement en sport dans une approche enactive

Thèse présentée et soutenue à Nantes, le 10 Décembre 2020

Unité de recherche : Laboratoire « Motricité, Interactions, Performance » (EA 4334)

Rapporteurs avant soutenance :

Serge Leblanc
Ludovic Seifert

Professeur des Universités, Université de Montpellier
Professeur des Universités, Université de Rouen Normandie

Composition du Jury :

Présidente :	Géraldine Rix-Lièvre	Professeure des Universités, Université Clermont Auvergne
Examineurs :	Gilles Kermarrec	Professeur des Universités, Université de Bretagne Occidentale
	Géraldine Rix-Lièvre	Professeure des Universités, Université Clermont Auvergne
Dir. de thèse :	Jacques Saury	Professeur des Universités, Université de Nantes
Co-dir. de thèse :	Benoît Huet	Maître de Conférences, Université de Nantes

Invité

Jacques Cathelineau Directeur Technique National, Fédération Française de Voile

REMERCIEMENTS

Je tiens à remercier chaleureusement l'ensemble des personnes ayant contribué directement ou indirectement à la réalisation de cette thèse. Et je tiens à remercier plus particulièrement :

Jacques Saury et Benoît Huet, respectivement directeur et co-encadrant de cette thèse. Je m'estime chanceux d'avoir bénéficié d'un encadrement de si grande qualité. Vous avez su me guider, m'aider à organiser des idées parfois confuses, vous avez eu la patience de m'écouter, me lire, me faire des commentaires et des remarques permettant à chaque fois d'enrichir mon travail et mes connaissances.

Serge Leblanc et Jérôme Bourbousson, membres de mon comité de suivi de thèse. Ce fut à chaque fois un grand plaisir d'échanger avec vous lors de nos réunions annuelles.

Les équipages, entraîneurs, et l'ensemble des pratiquants et praticiens qui ont participé à mes études de thèse. Je tiens à remercier particulièrement pour leur collaboration : Yves Clouet, professeur de sport et entraîneur à l'ENVSAN ; Franck Citeau, entraîneur national ; et Paul Iachkine, ingénieur de recherche à l'ENVSAN.

L'ensemble des membres du laboratoire MIP et l'ensemble du personnel de l'UFR STAPS, avec une mention spéciale pour les doctorants et anciens doctorants du laboratoire qui m'ont accompagné dans cette aventure, ainsi que pour Véronique Bihan, secrétaire du laboratoire pour son aide précieuse dans les tâches administratives.

Ma famille, qui m'a toujours soutenu dans mes projets, et qui m'a offert un cadre de vie propice à la réalisation de ce travail.

Lucía, por tus risas y sonrisas que a pesar de la distancia me acompañan en cada momento.

TABLE DES MATIÈRES

REMERCIEMENTS.....	3
TABLE DES MATIÈRES.....	5
TABLE DES FIGURES.....	11
LISTE DES TABLEAUX.....	12
LISTE DES ANNEXES NUMÉRIQUES	13
INTRODUCTION GÉNÉRALE.....	15
PREMIÈRE PARTIE : CADRE GÉNÉRAL DE LA RECHERCHE	21
CHAPITRE 1 Les bateaux à foils et l'émergence d'un nouveau mode de navigation : le vol.....	23
1 Du bateau archimédien au bateau volant : une évolution technique majeure dans le domaine du nautisme	23
1.1 Innovations mineures et innovations majeures dans le domaine de la voile légère	23
1.2 Le XXIème siècle : un environnement technologique propice au développement des voiliers volants	24
1.3 Une évolution conjointe d'innovations technologiques et de techniques de navigation ...	26
2 L'émergence de questionnements autour de la notion de stabilité de vol	27
2.1 Le contexte de diffusion de l'innovation	27
2.2 La stabilité de vol : une notion à l'interface d'enjeux pratiques et scientifiques	29
CHAPITRE 2 Appréhender la stabilité de vol comme effet des relations entre système mécanique, acteurs humains et environnement.....	33
1 Le fonctionnement du bateau en vol : la perspective mécanique	33
1.1 Le voilier et son équipage comme système mécanique	33
1.2 Le recours aux calculs numériques pour trouver la meilleure forme.....	35
2 Le fonctionnement de l'équipage : la perspective de la coordination interpersonnelle	37

2.1	La coordination interpersonnelle dans le domaine du sport.....	37
2.2	La coordination interpersonnelle à bord de voiliers légers	43
3	<i>Les relations humain-système mécanique dans le domaine du sport : des relations jusqu'à présent peu explorées</i>	45
3.1	Les interactions humain-matériel sportif	45
3.2	Les interactions humain-humain-système mécanique.....	49
	<i>Conclusion de la première partie</i>	51
	<i>DEUXIÈME PARTIE : CADRE ÉPISTÉMOLOGIQUE ET MÉTHODOLOGIQUE.....</i>	53
	<i>CHAPITRE 3 Le cours d'action comme mode d'accès à la compréhension de l'activité d'un ensemble humain-système mécanique-environnement, cohérent avec l'hypothèse de l'enaction.....</i>	55
1	<i>Une approche enactive de l'activité humaine</i>	55
1.1	Du vivant à la cognition humaine	55
1.2	Appréhender l'activité d'un collectif composé d'acteurs et d'artefacts matériels dans l'approche enactive.....	59
2	<i>Les objets théoriques d'étude de l'activité humaine du programme de recherche du Cours d'action.....</i>	65
2.1	Un programme de recherche visant une description symbolique acceptable de l'activité humaine	65
2.2	Les objets théoriques permettant d'articuler activité individuelle et activité collective	68
	<i>CHAPITRE 4 L'observatoire</i>	73
1	<i>Construction des conditions éthiques et contractuelles de la recherche</i>	73
1.1	Une intégration sur le terrain ouvrant des opportunités de collaboration.....	73
1.2	Des interventions du chercheur respectant la primauté des objectifs pratiques	75
1.3	Des interventions du chercheur productives pour le système d'aide à la performance.....	76
2	<i>Méthodes de recueil de données.....</i>	77
2.1	La base ethnographique de l'observatoire	77

2.2	Les recueils de traces de l'activité de navigation.....	80
2.3	Des formats d'entretien adaptés à une étude multi-niveaux.....	82
3	<i>Principes d'analyse des données</i>	85
3.1	Une sélection de cas à analyser à l'interface d'enjeux scientifiques et d'optimisation de la performance	85
3.2	Le traitement des enregistrements audiovisuels	86
3.3	L'analyse sémiologique de l'activité des équipages	87
3.4	L'articulation des mesures mécaniques et des données observationnelles avec les données expérientielles.....	90
3.5	La validité du traitement et de l'analyse des données	91
	<i>Conclusion de la deuxième partie</i>	93
	<i>TROISIÈME PARTIE : ÉTUDES DE THÈSE</i>	95
	<i>CHAPITRE 5 Le contrôle de la stabilité de vol comme révélateur d'une culture technique émergente (Étude 1)</i>	97
1	<i>Introduction de l'Étude 1</i>	97
2	<i>Appréhender la culture technique à la lumière du cadre théorique du Cours d'action</i>	98
3	<i>Observatoire spécifique à l'Étude 1</i>	100
3.1	Participants	100
3.2	Recueil des données	100
3.3	Analyse des entretiens.....	102
4	<i>Résultats de l'Étude 1</i>	105
4.1	Expériences-types associées à la stabilité de vol et à son contrôle.....	105
4.2	Principes d'interprétation des états de stabilité de vol et de l'efficacité de son contrôle	111
5	<i>Discussion de l'Étude 1</i>	115
5.1	La stabilité du vol : un phénomène complexe échappant en partie au modèle explicatif classique de la performance des voiliers dans la littérature technique	115

5.2	La voile volante comme révélateur de dimensions jusqu'alors implicites dans la culture technique de la voile légère	117
6	Conclusion de l'Étude 1	119
CHAPITRE 6 Analyse de l'activité collective d'un équipage expert sur un bord de reaching : des formes d'interaction associées à différents états de stabilité du vol (Étude 2).....		
1	Introduction de l'Étude 2	121
2	Les différentes perspectives d'étude du rôle de l'équipement sportif partagé dans la coordination collective en sport	122
3	Observatoire spécifique à l'Étude 2.....	124
3.1	Participants et sélection du cas	124
3.2	Recueil des données	125
3.3	Analyse.....	125
4	Résultats de l'Étude 2	129
4.1	Forme 1 : Coordination de chaque coéquipier avec le bateau visant à maintenir la stabilité de vol.....	129
4.2	Forme 2 : Communications verbales entre coéquipiers visant à anticiper des perturbations de la stabilité de vol	130
4.3	Forme 3 : Coordination entre coéquipiers visant à optimiser leurs actions respectives sur le bateau pour maintenir la stabilité de vol.....	131
4.4	Forme 4 : Coordination entre coéquipiers visant à trouver des solutions en réaction à la perception d'un vol instable	132
4.5	Forme 5 : Coordination de chaque équipier avec le bateau pour reprendre le contrôle du vol en phase critique.....	133
4.6	Forme 6 : Communications verbales entre coéquipiers visant à construire une explication commune à propos de perturbations passées du vol.....	135
5	Discussion de l'Étude 2	136
5.1	Processus extrapersonnels de coordination pour maintenir ou restaurer la stabilité de vol.....	136

5.2	Processus interpersonnels de coordination pour maintenir ou restaurer la stabilité de vol.....	138
5.3	Processus réflexifs d'anticipation de modifications environnementales ou de compréhension d'événements passés.....	140
6	Conclusion de l'Étude 2.....	141
CHAPITRE 7 Contrôler la stabilité de vol en catamaran en double : co-moduler des possibilités d'action entre les coéquipiers en relation avec les possibilités de mouvement du bateau (Étude 3).....		
1	Introduction de l'Étude 3	143
2	Appréhender les possibilités d'action à la lumière du cadre théorique du Cours d'action	146
3	Observatoire spécifique à l'Étude 3.....	147
3.1	Participants et situations	147
3.2	Recueil de données.....	149
3.3	Analyse des données.....	150
4	Résultats de l'Étude 3	152
4.1	Cas 1 : Neutralisation ou limitation par l'un des coéquipiers des possibilités d'action de son partenaire sur le catamaran pour contrôler les invitations à agir pour ce partenaire	152
4.2	Cas 2 : Production mutuelle d'invitations à agir par les coéquipiers modulant les possibilités d'action de chaque coéquipier.....	159
4.3	Cas 3 : Modulation des possibilités de mouvement du catamaran pour les rendre compatibles avec les possibilités d'action de l'équipage.....	166
4.4	Cas 4 : Modulation des possibilités de mouvement le catamaran par la modulation des possibilités d'action de l'équipage.....	170
5	Discussion de l'Étude 3	173
5.1	Fluctuation interpersonnelle et extrapersonnelle des possibilités d'action	173
5.2	Le rôle de la structure mécanique du catamaran (et de l'équipage) sur la circonscription des possibilités d'action de l'équipage et du système.....	175

5.3	Maintenir l'ouverture de possibilités d'action tout en participant à leur délimitation.....	176
6	Conclusion de l'Étude 3.....	177
	QUATRIÈME PARTIE : DISCUSSION ET CONCLUSION GÉNÉRALE.....	179
	CHAPITRE 8 Discussion et conclusion.....	181
1	Apports à la connaissance scientifique sur la coordination collective en sport.....	181
1.1	Le bateau comme partenaire : un système mécanique incorporé par les acteurs et incorporant leurs activités réciproques	181
1.2	Apport à l'approche enactive des couplages sociaux	187
1.3	Apport au développement du programme de recherche du Cours d'action	190
1.4	Perspectives de recherche sur les interactions régatier-bateau dans le domaine de la voile légère.....	194
2	Réflexions générales à soumettre aux acteurs de terrain dans une perspective de contribution à la conception d'aides à l'entraînement et à la formation	196
2.1	Promouvoir l'optimisation du vol dans son domaine de viabilité, plutôt que la recherche de vitesse maximale.....	196
2.2	Développer une sensibilité à trois niveaux de coordination : avec le voilier, avec le coéquipier et avec le bateau comme un tout.....	199
2.3	D'une approche trigonométrique à une approche intuitive de la voile ?	202
	BIBLIOGRAPHIE.....	203

TABLE DES FIGURES

Figure 1. Illustration des couples de forces déterminant l'équilibre latéral d'un catamaran de type Flying Phantom.	34
Figure 2. Illustration des moments piqueur et cabreur en jeu dans le maintien de l'équilibre longitudinal d'un Nacra 17.	35
Figure 3. Photo illustrant la mise en place d'un entretien d'autoconfrontation.	84
Figure 4. Représentation graphique des relations entre les catégories mobilisées dans les chaînes interprétatives pour les participants 5, 6, 7, 8, 9 et 11.	113
Figure 5. Extrait de la courbe de vitesse du bateau. La zone en vert correspond à la séquence de vol présentée dans l'Exemple 1 (Cas 1).	153
Figure 6. Extrait de la courbe de vitesse du bateau. La zone en vert correspond à la séquence de vol présentée dans l'Exemple 2 (Cas 1).	155
Figure 7. Extrait de la courbe de vitesse du bateau. La zone en vert correspond à la séquence de vol présentée dans l'Exemple 3 (Cas 1).	157
Figure 8. Extrait de la courbe de vitesse du bateau. La zone en vert correspond à la séquence de vol présentée dans l'Exemple 1 (cas 2).	160
Figure 9. Extrait de la courbe de vitesse du bateau. La zone en vert correspond à la séquence de vol présentée dans l'Exemple 2 (Cas 2).	164
Figure 10. Extrait de la courbe de vitesse du bateau. La zone en vert correspond à la séquence de vol présentée dans l'Exemple 1 (cas 3).	167
Figure 11. Extrait de la courbe de vitesse du bateau. La zone en vert correspond à la séquence de vol présentée dans l'Exemple 2 (cas 3).	169
Figure 12. Extrait de la courbe de vitesse du bateau. La zone en vert correspond à la séquence de vol présentée dans cet exemple (Cas 4).	170
Figure 13. Séquence photographique du décrochage du foil.	171
Figure 14. Appréhender la performance en termes de domaine de viabilité du vol.	196

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1- Caractéristiques des participants à l'Étude 1.	101
Tableau 2- Exemple d'identification et d'analyse des principes d'interprétations à partir d'un extrait d'entretien du participant 8.	104
Tableau 3- Vue d'ensemble de la segmentation des épisodes de coordination collective et du comportement correspondant du bateau, par ordre chronologique d'apparition	128
Tableau 4- Vue d'ensemble des formes d'interaction.	129

LISTE DES ANNEXES NUMÉRIQUES

Annexe 1	Exemples de types de bateaux mentionnés dans la thèse
Annexe 2	Présentation des principales commandes des catamarans volants
Annexe 3	Retours à chaud adressés aux acteurs
Annexe 4	Retours d'expériences personnelles
Annexe 5	Analyse Etude 1
Annexe 6	Analyse Etude 2
Annexe 7	Analyse Etude 3

INTRODUCTION GÉNÉRALE

« *La machine s'anime, s'exprime grâce à nous et à notre attention de tous les instants. La sortie de piste peut être rapide, accompagnée ou non de dégâts. Il existe une relation particulière avec le bateau. Certes nous décidons de tout, trajectoire, choix de voiles, réglages, mais en parallèle, nous sommes sans cesse confrontés à des situations qui demeurent en dehors de tout contrôle : variations du vent, état de la mer... Nous sommes esclaves de notre bateau quand bien même nous le maîtrisons* » (Charles Dalin, skipper d'un IMOCA à foils, en cours de préparation de la course autour du monde du Vendée Globe 2020) (Dalin, 2020, p.79).

Dans le domaine du sport, l'étude de l'activité collective s'est classiquement focalisée sur l'analyse des interactions entre les sportifs concernés (e.g., Eccles et Tennenbaum, 2004, 2007 ; Kermarrec, Cardin, et Bossard, 2014 ; Poizat, Sève, Serres et Saury, 2008). Récemment des travaux centrés sur l'analyse de l'activité collective au sein d'équipages d'aviron ont cependant pris en compte un autre élément participant à ces interactions : le bateau. Ces études ont permis de décrire le rôle de cet « environnement matériel » dans la régulation de la coordination de sportifs lorsque cet environnement est partagé et sensible à l'activité de chacun des coéquipiers (e.g., Millar, Oldham et Renshaw, 2013 ; R'Kiouak 2017 ; R'Kiouak, Saury, Durand et Bourbousson, 2016). Ces travaux ont mis en évidence, en particulier sur des bateaux d'aviron à deux coéquipiers, que des rameurs peuvent synchroniser leurs coups de rame grâce à la coordination de chacun avec les mouvements du bateau, sans prendre directement en considération l'activité de leur partenaire dans la régulation mutuelle de leur coordination. Leurs auteurs ont suggéré que le bateau pourrait ainsi jouer un rôle médiateur dans la coordination entre les rameurs. Ils ont avancé une hypothèse originale : cette médiation du support matériel serait possible lorsque celui-ci est sensible aux traces de l'activité de chaque coéquipier, c'est-à-dire lorsque l'activité de chaque coéquipier peut « affecter » ce support de telle sorte que les mouvements de ce dernier « affectent » en retour son partenaire, et *vice versa*. Dans le domaine de la voile sportive, l'évolution technologique consistant à équiper certains voiliers de foils¹ a contribué à l'émergence de nouveaux questionnements de la part des praticiens. La particularité la plus manifeste et spectaculaire de ces voiliers est qu'ils peuvent « voler », en sustentation au-dessus de la surface de l'eau, et s'extraire de la condition « archimédienne » des voiliers dont la carène se déplace à la surface

¹ Le mot « foil » désigne les appendices immergés d'un bateau lorsqu'ils sont positionnés et profilés de façon à générer une force de portance agissant sur leur support. Bien qu'il serait plus précis d'utiliser le mot anglais « *hydrofoil* », c'est le mot « foil » qui est communément employé par les pratiquants de voile volante. Pour cette raison nous avons privilégié l'utilisation de ce dernier dans ce manuscrit

de celle-ci. Cependant une fois en vol, ces voiliers à foils deviennent hyper-sensibles à l'activité de leur équipage, et la capacité des coéquipiers à maintenir un vol stable est l'un des déterminants majeurs de la performance produite. Les conséquences d'un vol instable peuvent en effet être « catastrophiques » sur la performance et la sécurité : une perte de vol se traduit au minimum par une grande diminution de la vitesse liée à une grande augmentation de la traînée hydrodynamique ; dans les cas les plus graves, une perte brutale de vol (e.g., un « décrochage » des foils) peut provoquer une violente décélération accompagnée de dommages matériels et humains. Ces préoccupations « de terrain » liées à l'augmentation de la sensibilité des bateaux à l'activité de l'équipage, et associées au contrôle et maintien de la stabilité de vol, ont d'emblée convergé avec nos questionnements scientifiques relatifs à l'exploration du rôle médiateur d'un support matériel partagé dans l'activité collective de sportifs. Le fonctionnement d'un bateau volant s'est ainsi présenté comme une situation d'étude « porteuse et prometteuse » (Leblanc, 2012)² dont l'analyse était susceptible de permettre de mieux comprendre les différentes participations d'éléments humains et matériels dans le fonctionnement collectif de sportifs.

Cette thèse s'est inscrite à son origine dans la continuité des travaux de R'Kiouak (2017). Elle visait à préciser les modes de relations entre les sportifs et leur environnement matériel lorsque celui-ci consiste en un système mécanique (i.e., un voilier volant), extrêmement sensible à l'activité des sportifs, mais également extrêmement sensible aux fluctuations d'un environnement naturel dynamique, incertain et extrêmement variable. Pour cela, nous avons centré nos études sur la notion de contrôle et de maintien de la stabilité de vol en nous inscrivant dans une approche enactive de la cognition, et plus particulièrement dans le programme de recherche du Cours d'action (Theureau, 2006, 2009, 2015). Ce positionnement répond à notre volonté d'appréhender les interactions Humains-Matériel-Environnement dans une perspective holistique. Conformément à l'hypothèse de l'enaction, l'une des hypothèses de substance du programme de recherche du Cours d'action (i.e., présumé ontologique fondamental relatif à la nature de l'activité humaine en tant que système vivant), notre enquête a été conduite dans les conditions écologiques de la pratique de sportifs, et en respectant le principe du primat de l'expérience des acteurs. Des analyses de mesures mécaniques ont été conduites pour enrichir les analyses phénoménologiques dans l'étude des relations entre les différents éléments du système « hybride » associant des acteurs

2 Leblanc (2012) présente la notion de situation d'étude « porteuse et prometteuse » comme similaire à la situation d'étude « privilégiée » (Grison et Riff, 2002) mais en insistant sur le fait que ces situations visent davantage la réalisation d'un processus à travers l'obtention d'un potentiel de situation, plutôt que l'atteinte d'un but supposant des actions prédéterminées.

humains (i.e., l'équipage) et un système mécanique (i.e., les coques, le gréement et les appendices du bateau).

A l'issue de ce travail, la thèse que nous défendons peut-être résumée dans les propositions suivantes :

- du point de vue de l'activité des pratiquants de voiliers à foils, le bateau n'est pas un système mécanique simplement soumis aux commandes de son équipage mais celui-ci possède une certaine autonomie ; la relation acteur-bateau est une relation « en tension » permanente de coopération/compétition entre humains et système mécanique, dans la régulation conjointe d'un équilibre dynamique métastable ;
- la coordination de l'équipage visant à contrôler la stabilité de vol du voilier repose sur une gestion d'un équilibre entre les possibilités d'action de chaque coéquipier et les possibilités de mouvement du bateau, l'ensemble de ces possibilités étant codépendantes ;
- le rôle du bateau dans la coordination de l'équipage est celui d'un système mécanique incorporé et incorporant, pouvant être considéré comme un partenaire aussi bien du point de vue de chaque coéquipier, que depuis une perspective de coordination collective.

Le manuscrit de thèse est structuré en quatre parties et huit chapitres.

La **première partie** est consacrée à la présentation du cadre général de la recherche. Nous présentons dans un premier chapitre le contexte de l'évolution de la pratique de la voile légère avec l'apparition d'un nouveau mode de navigation : le vol. Ce chapitre permet d'appréhender les principales caractéristiques de la pratique de la voile volante par rapport à celles de la voile non volante (communément dite « archimédienne »), et d'introduire la notion de stabilité de vol comme une notion à l'interface d'enjeux pratiques et scientifiques. Dans un deuxième chapitre nous présentons une revue de littérature synthétisant les différentes approches qui ont abordé jusqu'à présent le fonctionnement d'un voilier et l'activité collective de sportifs.

La **deuxième partie** de la thèse est consacrée à la présentation du cadre épistémologique et méthodologique de nos études empiriques. Dans le troisième chapitre nous présentons le programme de recherche du Cours d'action (Theureau, 2006) en réalisant une présentation détaillée de l'enaction comme présupposé fondamental de ce programme de recherche, puis en introduisant les objets théoriques d'étude de l'activité humaine propres à ce

programme. Dans le quatrième chapitre nous présentons l'observatoire de l'activité humaine que nous avons mobilisé dans nos études de thèse pour construire et analyser nos données.

La **troisième partie** de la thèse est consacrée à la présentation de nos travaux empiriques. Trois études sont présentées dans cette partie, respectivement dans le cinquième, sixième et septième chapitres. Pour chaque étude, la discussion intermédiaire permet de faire ressortir la contribution de l'étude aux résultats et interprétations que nous défendons dans notre thèse. L'Étude 1 (Chapitre 5) est consacrée à l'analyse des connaissances d'un groupe d'acteurs pionniers de la voile volante. Dans l'Étude 2 (Chapitre 6) nous avons étudié l'activité d'un équipage expert au cours d'une session d'entraînement. Dans le prolongement de cette deuxième étude, l'Étude 3 (Chapitre 7) nous a permis d'appréhender la coordination de l'équipage et du bateau en termes de modulation de possibilités d'action.

La **quatrième partie** de la thèse est consacrée à la discussion et conclusion générale. Dans le Chapitre 8 nous synthétisons dans un premier temps la contribution de nos travaux à la connaissance scientifique sur la coordination collective en sport. Ces contributions renvoient à la considération du bateau comme partenaire de l'équipage, et aux implications théoriques de l'attribution d'une « quasi-agentivité » à une structure mécanique partagée par des acteurs. Dans un deuxième temps nous présentons des réflexions générales à soumettre aux praticiens dans une perspective de contribution à la conception d'aides à l'entraînement et à la formation.

PREMIÈRE PARTIE :
CADRE GÉNÉRAL DE LA
RECHERCHE

CHAPITRE 1 Les bateaux à foils et l'émergence d'un nouveau mode de navigation : le vol

Voler au-dessus de l'eau porté par des foils : cette possibilité, découverte par hasard au XIXe siècle, est désormais accessible à un grand nombre de pratiquants. La première section de ce chapitre est consacrée à la description de ce que nous qualifions de révolution technique majeure dans le domaine du nautisme et plus particulièrement de la voile légère. Dans la deuxième section, nous abordons les implications de la diffusion de cette innovation en termes d'émergence de questionnements à l'interface d'enjeux pratiques et scientifiques, notamment autour de la notion de stabilité de vol.

1 Du bateau archimédien au bateau volant : une évolution technique majeure dans le domaine du nautisme

1.1 Innovations mineures et innovations majeures dans le domaine de la voile légère

La pratique de la voile légère se distingue de celle de la voile habitable par le type d'embarcations utilisées. La voile légère désigne la navigation sur des dériveurs légers, catamarans ou planches, destinés à la navigation à proximité des plages et des côtes. La voile habitable, que nous n'aborderons pas dans cette thèse, désigne quant à elle la navigation sur des voiliers de dimensions plus imposantes, équipés d'une cabine abritée et destinés à la navigation côtière ou hauturière. Des exemples de types de bateaux mentionnés dans cette thèse sont présentés en Annexe 1.

L'histoire de la voile légère fut marquée au cours du XXème siècle par de nombreuses innovations, dont certaines peuvent être considérées comme des innovations mineures alors que d'autres constituent des innovations majeures. Selon Dosi (1982), les innovations majeures se traduisent par un changement de « paradigme technologique ». Une innovation majeure crée donc une rupture ou une discontinuité majeure dans la conception d'un matériel ou d'une technologie, par opposition à une innovation mineure, dite « incrémentale », qui consiste à faire évoluer un matériel sans transformer ses caractéristiques fondamentales (Flichy, 2003). Différentes innovations majeures ont marqué l'histoire récente de la voile légère. Sans prétendre en faire une recension exhaustive, nous nous limitons à quelques illustrations dans ce qui suit. Par exemple, à la fin du XIXème siècle et au début du XXème siècle, une innovation qualifiée de « *big change* » (Bethwaite, 2013) a eu lieu en Australie et en Nouvelle-Zélande avec l'apparition de bateaux à carène planante. Les bateaux

à carène planante se caractérisent par leur capacité, dans certaines conditions, à déjauger, c'est-à-dire à dépasser la vitesse maximale « théorique », ou vitesse critique, calculée par le nombre de Froude en fonction de la longueur de carène immergée : « *le planning est atteint lorsque le voilier est supporté non plus par la poussée d'Archimède, mais par une force dynamique créée par le déplacement de la carène à la surface de l'eau (...) [la carène] n'évolue plus à travers l'eau, mais en glissant à sa surface* » (Bertrand, 2014, p. 49). Une autre innovation majeure fut celle du trapèze. Cette invention permet à l'équipier accroché par un harnais au câble de trapèze relié au mat (ainsi qu'au barreur sur certains bateaux), de faire contrepoids en déportant l'ensemble de son corps à l'extérieur du bateau, les pieds s'appuyant sur le bord de la coque, tout en gardant les mains libres pour contrôler les voiles (ou la barre). L'utilisation du trapèze permet alors d'utiliser des voiles plus grandes, ou d'utiliser les mêmes voiles dans du vent plus fort, et d'augmenter par là-même la vitesse du bateau. La première utilisation de trapèzes en régates est documentée en *International Class 14* en 1938 (Hogan, 2016). Banni par le comité de course car jugé déloyal, ce n'est que dans les années 50 que l'usage du trapèze s'est répandu. Dans la seconde moitié du XX^{ème} siècle, l'apparition de la planche à voile et du catamaran a également « révolutionné » la pratique de la voile légère (Dant et Wheaton, 2007 ; Jallat, 2015). Créé en 1995, le 49er est selon Bertrand (2014) emblématique des skiffs modernes, et marque « *une nette rupture dans l'histoire de la voile légère* » (Bertrand, 2014, p. 50). Ce bateau, inspiré de la lignée des dériveurs australiens planants combine de formidables ratios poids/puissance et poids/surface de voile avec un système de double trapèze (permettant à l'équipier et au barreur de naviguer ensemble au trapèze), et des extensions latérales de la coque permettant d'augmenter le couple de rappel de l'équipage. Grâce à ces caractéristiques les 49ers sont des bateaux capables planer à toutes les allures³. Dans la lignée des innovations ayant permis aux voiliers de s'affranchir partiellement des contraintes hydrodynamiques en naviguant au planning, les foils ont ouvert un nouveau domaine de navigation, la navigation volante.

1.2 Le XXI^{ème} siècle : un environnement technologique propice au développement des voiliers volants

Le principe de fonctionnement d'un hydrofoil aurait été découvert par hasard en 1861 par Thomas Moy qui, en étudiant la dynamique des fluides autour d'une aile d'avion

³ En voile, l'allure désigne l'angle de la route du bateau par rapport à la direction du vent. Un voilier navigue au vent arrière lorsqu'il fait route dans la direction du vent ; il navigue vent de travers (ou « *reaching* ») lorsqu'il fait route perpendiculairement à la direction du vent. Les allures de largue sont celles situées entre le travers et le vent arrière. Les allures de près désignent les routes rapprochant le bateau du lit du vent.

immergée observa que celle-ci soulevait l'embarcation à laquelle l'aile était attachée (Clark, Ellsworth et Meyer, 2004). Le développement des bateaux volants au XX^e siècle a d'abord eu lieu dans le domaine de la navigation militaire et commerciale, et concernait des embarcations motorisées (Clark *et al.*, 2004). Le Boeing Jetfoil 929 est l'exemple d'un navire transporteur de passagers mis en service à la fin des années 1970. Il était propulsé par des turbines et naviguait la coque totalement hors de l'eau (Noreen, Gill et Feifel, 1980). Aux îles Canaries, ce type de bateau fut utilisé jusqu'en 2005 pour réaliser des traversées océaniques entre les îles de Tenerife, Gran Canaria et Fuerteventura avec une capacité maximale de 286 passagers et une vitesse pouvant atteindre 43 nœuds (Rodríguez, García et Poleo, 2005).

Dans le domaine de la navigation à voile, le XX^e siècle a donné lieu à diverses expérimentations pionnières sur des multicoques (Février et Monsonnec, 2011), créant une base de connaissances sur la viabilité de différentes formes de foils (e.g., en échelle, en T ou en V), avec ou sans système d'asservissement. Par exemple, le système d'asservissement des foils utilisé actuellement sur les Moth à foil est inspirée d'un système créé en 1984 par Philip Hansford sur le bateau Phylfly (Février et Monsonnec, 2011). Ce système consiste à utiliser un « palpeur ». Une tige inclinée, dont une extrémité « palpe » la surface de l'eau. L'autre extrémité est fixée sur le bateau et est reliée par un système de câbles à un volet sur le bord de fuite du foil. Lorsque le bateau monte ou descend, ou lorsque le bateau passe une vague, l'inclinaison de la tige varie, ce qui actionne le volet du foil et permet de réguler la hauteur de vol par rapport à la surface de l'eau. A l'inverse, sur le Kotaha conçu par Leif Wagner Smitt en 1972 (Février et Monsonnec, 2011), c'est le navigateur qui se déplaçait longitudinalement pour modifier l'inclinaison de la plateforme et par là-même l'inclinaison des foils afin de réguler la portance. Ce principe est utilisé actuellement sur de nombreux supports à voile volant équipés de foils non asservis (e.g., Windfoil, Kitefoil, Nacra 17, Flying Phantom).

Au cours des deux dernières décennies, l'évolution des outils de conception, des matériaux et techniques de construction, a créé un terrain favorable au développement de la voile volante. En effet, dans le domaine de l'architecture navale, le développement de logiciels de simulation d'écoulement des fluides (CFD), comme la généralisation de la conception assistée par ordinateur ou le développement de machines d'usinage à commande numérique, ont radicalement fait évoluer les possibilités des concepteurs. Ces outils permettent désormais aux ingénieurs de « *calculer, analyser et prédire la résistance des structures, les écoulements hydro et aérodynamiques et les performances du bateau* » (Bertrand, 2014 p. 58). Conjointement, le développement de l'utilisation de matériaux composites pour les coques, les appendices et les voiles, a permis d'alléger la structure des

voiliers et de stabiliser le profil des voiles, facilitant le contrôle des flux aérodynamique et hydrodynamique. Ces évolutions ont également participé à rendre le vol accessible à des voiliers de plus grande dimension. En introduisant les bateaux volants en 2013 pour sa 35^e édition, la Coupe de l'America a été un « *formidable catalyseur* » (Bertrand, 2014, p. 56) de la voile volante.

1.3 Une évolution conjointe d'innovations technologiques et de techniques de navigation

Dans le domaine du sport, de nombreux exemples mettent en évidence une relation étroite entre des innovations technologiques ou l'apparition d'équipements nouveaux, et l'invention corrélative de techniques inédites (e.g., Defrance, 1985 ; Vigarello, 1988). Dans l'histoire de l'athlétisme, l'évolution des matériaux de fabrication des perches de saut (apparition des perches en fibre de verre remplaçant les perches métalliques) a par exemple donné lieu à une transformation significative des techniques de saut à la perche au début des années soixante (Defrance, 1985). En effet, la flexibilité d'une perche en fibre a modifié les exigences motrices et l'expérience perceptive des sauteurs par rapport à une perche métallique plus rigide. Defrance (1985) rapporte les propos de J. Uelses, un perchiste de haut niveau, en 1962 : « *autant il faut travailler avec un engin métallique, autant il faut se montrer passif avec une fiberglass. L'essentiel est d'être placé tête en bas lorsque la perche a fini de fléchir et d'attendre le retour sans faire un geste* » (Defrance, 1985, p. 261).

Dans le domaine de la voile légère, les formes de carènes (e.g., planante ou non planante), les accessoires (e.g., ceinture de trapèze) ou les types de support (e.g., dériveur, catamaran, planche à voile, kitesurf) ont participé à l'évolution des techniques. Par exemple, en Nouvelle-Zélande au XIX^e siècle, la navigation sur de nouveaux bateaux, les Patikis, équipés d'une large surface de voilure et d'une carène planante, a conduit un groupe de navigateurs à développer une nouvelle technique de navigation, que Bethwaite (2013) appelle la *fast handling technique*. En effet, la *natural handling technique* utilisée à cette époque, qui consistait à contrôler le bateau uniquement à la barre après avoir pré-régulé les voiles pour naviguer à un certain angle par rapport au vent, et à lofer dans les risées, conduisait au chavirage sur les Patiki naviguant à haute vitesse. La *fast handling technique* qui consiste à contrôler la vitesse et l'équilibre du bateau en réalisant simultanément des actions de barre et de border/choquer d'écoute, s'est avérée plus efficace pour conduire ces bateaux de manière plus performante et éviter de chavirer. En se diffusant, cette technique de navigation s'est également révélée plus efficace sur les autres types de bateaux (Bethwaite, 2013). Le

développement du trapèze en dériveur puis en catamaran, ou du harnais en planche à voile, a également transformé les techniques de navigation. Lacombe (2002) parle en planche à voile d'une « *culture motrice de suspension* » (Lacombe, 2002, p. 4), qu'il oppose à une « *culture de traction* » sur les planches à voile de première génération, plus lourdes et sur lesquelles les planchistes n'utilisaient pas de harnais.

Concernant les voiliers volants, l'évolution des techniques de navigation a porté à la fois sur l'accès à de nouvelles possibilités de réglages (e.g., les angles d'incidence des foils), et sur la manière de conduire le bateau. Outteridge (2013) décrit dans les termes suivants ce que demande la maîtrise de la technique de navigation sur un Moth à foils :

« *To be good in a Moth you need very good boat handling skills, plus a very good understanding of how to make a boat go fast with 'feel'. This is a complicated area that calls for understanding. You have the rig and the mast and the need to set up your sail. You have the foils in the water and the need to know how the foils work and how to gear the rig and the foils to make them work together, and that's where it gets complicated* » (Outteridge, 2013, p.148).

Outteridge (2013) souligne également une pression temporelle plus forte en Moth à foil que sur le 49er (un bateau pouvant être qualifié de très rapide et très instable, mais non volant).

De manière générale, nous pouvons souligner trois caractéristiques des voiliers volants susceptibles *a priori* de demander des transformations de la technique de navigation des pratiquants : (a) une composante de force verticale (i.e., la portance du foil) créant une sustentation du bateau au-dessus de l'eau nécessaire à contrôler ; (b) une très grande vitesse impliquant des réglages de voile par rapport à un vent apparent conditionné par le vent vitesse du bateau beaucoup plus que par le vent réel ; et (c) une stabilité de vol constamment menacée par les risques de décrochage dus aux variations de portance des foils associées aux variations de vitesse du voilier et d'état de la mer.

2 L'émergence de questionnements autour de la notion de stabilité de vol

2.1 Le contexte de diffusion de l'innovation

Au cours des cinq dernières années, la pratique de la voile volante s'est diffusée sur tous types de supports à voile, en pratique de loisir comme de compétition (Havard, Seray et Verneuil, 2018). Au début des années 2010, la pratique de supports volants en compétition restait confidentielle et était principalement représentée par la classe Moth. A partir de 2015, un circuit international de Flying Phantom a été créé (Course Au Large, 2014), et cette même

année le Kitefoil a fait son apparition dans les régates internationales (International Kiteboarding Association, 2015). En 2017, la configuration des appendices a été modifiée sur le Nacra 17 (Remocker, 2017), série déjà inscrite au programme des Jeux Olympiques de Rio 2016 : des plans porteurs ont été ajoutés sur les safrans (foils en T) et les dérives courbées initiales ont été remplacées par des foils en Z, faisant du Nacra 17 un catamaran volant, dans la perspective des Jeux Olympiques de Tokyo 2020 (désormais reprogrammés en 2021). Le Windfoil a également fait son apparition sur les circuits de régates internationaux en 2017 avant d'être intégré comme discipline à part entière en 2019 (Grosjean, 2018). Parmi les dix séries de voile olympique programmées pour les Jeux Olympiques de Paris 2024, quatre séries (Nacra 17, Formula Kite⁴, iQFoil⁵ femme et iQFoil homme) seront des supports volants (Fédération Française de Voile, 2019). Parallèlement, si la pratique du foil s'est d'abord diffusée parmi les pratiquants experts, ces dernières années regorgent d'exemples de conception de bateaux destinés à une utilisation grand public (e.g., Coroller et Le Brun-Marcel, 2019 ; Le Clainche, 2019 ; Monnier, 2017).

Cette diffusion de la pratique du foil fut accompagnée à un niveau institutionnel de réflexions et d'initiatives de formation et de formalisation de contenus relatifs à la pratique de la voile volante. Par exemple, des formations destinées aux professionnels de l'encadrement de la voile ont été développées sous l'égide de la FFV dès 2017 (e.g., Fédération Française de Voile, 2017). Ces formations organisées en collaboration avec le département formation de la FFV ont été mises en place pour répondre à l'engouement suscité par la pratique du foil, et visent à former les professionnels de l'encadrement de la voile en termes de pratique et d'enseignement de la voile volante afin d'intégrer cette activité au sein des clubs de voile. En parallèle, un groupe de travail a été créé en 2017 à l'initiative de l'École Nationale de Voile et des Sports Nautiques (ENVSN), dont la mission était de produire et partager des ressources techniques et pédagogiques destinées aux clubs. Dans le domaine du haut niveau, le projet « Team France Jeune » fut lancé en 2015 avec l'objectif de constituer une équipe de jeunes talents destinées à représenter la France dans les régates internationales de catamarans volants (Filière Team France, 2017). Au-delà de la pratique de haut niveau, des événements sportifs spécifiquement focalisés sur la pratique de la voile volante et réunissant compétiteurs, exposants et grand public ont vu le jour à l'image de « la semaine affoilante » (Monsonnec, 2019) et « des foils journées ENVSN » (e.g., ENVSN, 2019). Dans le domaine de la

4 L'ensemble des régatiers en Formula kite est équipé de foils.

5 Le support iQFoil est la planche à voile Olympique. Cette planche est prévue pour naviguer sur un foil qui peut être remplacé par un aileron (i.e., une dérive sans plans porteurs) dans les conditions de vent fort.

recherche, de l'ingénierie et de l'architecture navale, les conférences annuelles « *Foil racing conference* » ont vu le jour en 2014. Elles ont réuni annuellement les principaux acteurs francophones du développement du foil dans les domaines de la technologie, de l'industrie et de la pratique. La voile volante s'est également imposée comme sujet incontournable lors des conférences « Innov'sail », visant le partage des connaissances scientifiques et technologiques dans le domaine de la voile de compétition et des navires à propulsion vélique. En 2020, neuf des 19 présentations portant sur la voile de compétition étaient consacrées à des études sur des voiliers volants ou leurs foils.

2.2 La stabilité de vol : une notion à l'interface d'enjeux pratiques et scientifiques

Dans ce contexte, la diffusion de la voile volante a transformé l'activité des pratiquants et des praticiens. Les interventions de Y. Clouet⁶, P-A. Ponsot⁷ et L. Soufflet⁸ lors de la *Foil racing conference* de 2017 (Eurolarge Innovation, 2017) mettent en relief les spécificités de la pratique de la voile volante par rapport aux supports non volants, en termes de sécurité (i.e., risques d'accidents graves), de charge mentale (i.e., les intervenants soulignent que davantage d'attention est nécessaire au pilotage des bateaux volants par rapport aux bateaux non volants), ou de perception du plan d'eau (e.g., au portant les risées sont rattrapées au lieu d'arriver par l'arrière du bateau). Si ces éléments sont en partie liés à la vitesse élevée des bateaux, c'est la transformation de l'équilibre des bateaux qui est rapportée comme fondamentale dans la pratique de la voile volante. P-A. Ponsot exprime cette idée de la manière suivante :

« Ce qui est fondamental dans le changement sur la pratique foil c'est que Newton s'est mis dans la partie (...) il y a une autre loi de la physique qui vient s'immiscer dans la pratique de la voile, planche à voile ou kite (...). Il y a une autre loi de la physique qu'il faut considérer et qui interagit avec les lois d'Archimède. Si on peut reprendre en gros et vulgariser c'est : on a gardé les mêmes fondamentaux qui sont border/choquer [les voiles] et tirer/pousser la barre mais en gros après tous les principes d'équilibre sont revisités, et tous les autres fondamentaux de la voile sont revisités » (Eurolarge Innovation, 2017, s.p.).

A travers son intervention, P-A Ponsot souligne que l'adjonction de foils sur les voiliers n'induit pas seulement l'apparition de la gestion de la force verticale produite par les

6 Y. Clouet était à cette époque entraîneur du groupe Team Jeunes France en Flying Phantom.

7 P-A. Ponsot était à cette époque entraîneur des Moth à foil à l'ENVSAN.

8 L. Soufflet était à cette époque entraîneur de l'équipe de France de Kitefoil.

foils et permettant au bateau de se déplacer en sustentation au-dessus de l'eau, mais que les foils amènent à requestionner les principes de fonctionnement des voiliers.

Les notions d'équilibre statique et dynamique, et de contrôle de la stabilité de voiliers archimédiens ont fait l'objet de nombreux développements dans les ouvrages techniques (e.g., Bethwaite, 2008 ; 2013 ; Chéret, 2006). Le développement récent de la pratique de la voile volante a suscité un vif intérêt en termes de recherche et de développement autour des notions d'équilibre dynamique et de contrôle de la stabilité de vol.

Le contrôle de la stabilité de vol est en effet déterminant au regard de deux dimensions de la pratique des voiliers à foils : (a) la sécurité des équipages ; (b) la performance en régate. Ces deux aspects peuvent être reliés par une idée simple : lorsqu'ils accèdent à leur régime de vol, les voiliers volants augmentent considérablement leur vitesse (e.g., Graf et Freiheit, 2020), mais en revanche lorsqu'ils sortent de leur régime de vol, la décélération associée à la perte du vol (liée à une forte augmentation de la traînée hydrodynamique résultant du contact des coques du voilier avec l'eau) peut être qualifiée de « catastrophique ». Dans les cas les plus extrêmes, le contact violent avec l'eau d'un bateau perdant soudainement le vol (à la suite d'un décrochage des foils, par exemple) peut produire des dommages structurels (Battley, Andrew, Wilson, Allen et Hodgson, 2020) et des blessures corporelles potentiellement graves. Y. Clouet rapportait lors de la Foil Racing Conference en 2017 l'exemple des conséquences d'une perte de contrôle en Flying Phantom : « *ils ont fait un planté à 29 nœuds, le mât s'est cassé à l'impact en touchant l'eau et eux [les coéquipiers] ont volé un peu partout* » (Eurolarge Innovation, 2017, s.p.). Dans des cas moins extrêmes, la performance en régate est affectée. Par exemple, selon Destuynder et Fabre (2019), c'est une meilleure capacité à contrôler le vol de la part de l'équipe américaine qui leur aurait permis de battre les néo-zélandais lors des manches finales de la Coupe de l'America en 2013. En 2017, la Coupe de l'America fut remportée par l'équipe néo-zélandaise qui fut la première à réaliser des *dry laps*, c'est-à-dire des manches entières de régate en maintenant le vol (Johannsen, 2017).

Au-delà de ces aspects pratiques de sécurité ou de performance, l'étude des phénomènes participant au contrôle ou au maintien de la stabilité de vol présente des enjeux scientifiques que nous abordons dans cette thèse. En effet, sur les voiliers volants de petite dimension, et notamment les catamarans volants en équipage double, le maintien du vol dépend *a priori* de la capacité de l'équipage à coordonner ses actions. Sur les catamarans de type Nacra 17 ou Flying Phantom, en l'absence de système d'asservissement, l'angle d'incidence des foils en navigation dépend directement de l'assiette du bateau, celle-ci ne

pouvant être régulée que par les actions et mouvements de l'équipage. En prenant comme point de départ la question du contrôle de la stabilité de vol comme vectrice de situations porteuses et prometteuses (Leblanc, 2012), nous visons dans ce travail à contribuer à la compréhension des modes de coordination de sportifs interagissant conjointement avec un environnement matériel sensible à leurs actions respectives.

CHAPITRE 2 Appréhender la stabilité de vol comme effet des relations entre système mécanique, acteurs humains et environnement

Un voilier léger est l'association d'un équipage humain avec un système mécanique (i.e., la structure du voilier), l'ensemble étant en relation avec un environnement dynamique et incertain. Dans ce chapitre nous présentons les différentes approches ayant contribué jusqu'à présent à la compréhension de ces relations. Nous abordons dans un premier temps la perspective mécanique du fonctionnement d'un voilier, du point de vue de la littérature technique du domaine de la voile sportive (e.g., Bethwaite, 2013), et de la recherche et ingénierie (e.g., Paulin, Hansen, Hochkirch, et Fischer, 2015). Dans un deuxième temps, puisque nos études de thèse concernent en particulier l'activité collective d'équipages de voiliers à foils, nous présentons différentes approches de la coordination interpersonnelle dans le domaine du sport, pouvant contribuer à la compréhension des relations entre coéquipiers (e.g., Araújo, Davids et Hristovski, 2006 ; Eccles et Tenenbaum, 2004 ; Sève, Bourbousson, Poizat et Saury, 2009). Dans un troisième temps, nous abordons les relations entre acteurs humains et systèmes mécaniques dans le domaine du sport (e.g., Poizat, Adé, Seifert, Toussaint et Gal-Petitfaux, 2010 ; R'Kiouak, 2017). Nous concluons ce chapitre en introduisant les spécificités de notre approche, visant à appréhender le fonctionnement d'un système humain-humain-système mécanique dans un environnement dynamique à travers une approche enactive.

1 Le fonctionnement du bateau en vol : la perspective mécanique

1.1 Le voilier et son équipage comme système mécanique

La perspective mécanique du fonctionnement des voiliers est largement exposée dans les ouvrages techniques de référence dans le domaine de la voile (e.g., Bethwaite, 2008 ; 2013 ; Bertrand, 2014 ; Chéret, 2006). Ces ouvrages regorgent d'explications physiques appuyées par des schémas, diagrammes de forces et illustrations diverses, représentant des formes de voiles, de carènes, d'appendices, les flux d'écoulement de l'air et/ou de l'eau, les points d'application des forces aérodynamiques et hydrodynamiques, et des vecteurs représentant le sens, la direction et l'intensité de ces forces.

De façon délibérément schématique et synthétique, une approche mécanique appréhende le fonctionnement du voilier en termes de forces en interactions : une force

vélique est créée par la déviation du flux d'air par le profil de la voile. Cette force vélique peut être décomposée en une force propulsive orientée dans l'axe longitudinal du bateau et une force orientée perpendiculairement à cet axe. La force propulsive est celle qui permet au bateau d'avancer, tandis que la résistance hydrodynamique des parties immergées du bateau s'oppose à l'avancement. La composante perpendiculaire à l'axe longitudinal du bateau doit quant à elle être compensée par une force antidérive produite en grande partie par les appendices (e.g., dérive, safrans, foils), sans quoi le voilier dériverait dans l'axe de la force vélique, sans parvenir à maintenir son cap sur des angles variés par rapport à la direction du vent (e.g., vent de travers, près). Ces forces en s'opposant forment un couple de gîte, qui est compensé par un couple de redressement permettant de maintenir l'équilibre latéral du voilier (figure 1). Sur les voiliers volants naviguant en régime de vol, le couple de redressement dépend de la portance des foils et de la position du centre de gravité du bateau (incluant son équipage).

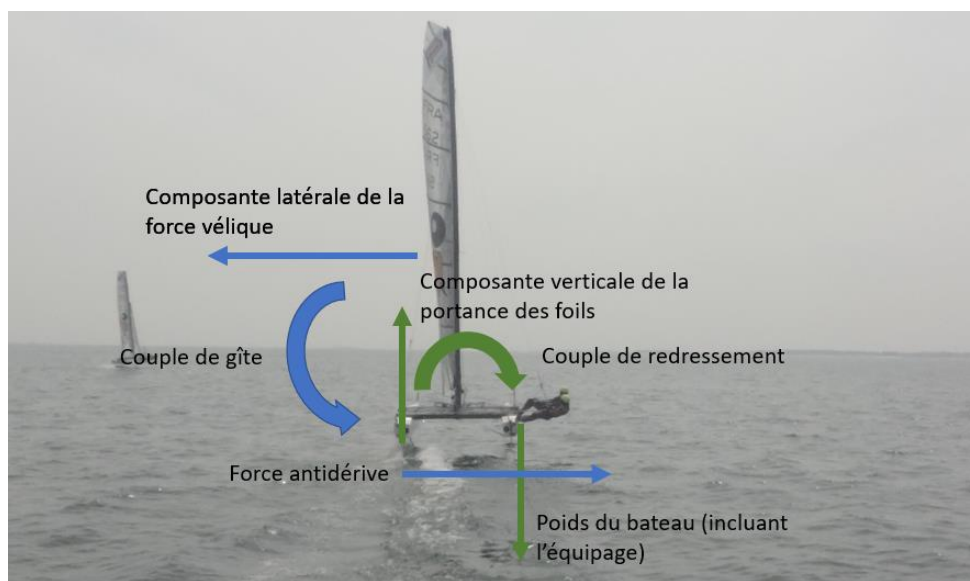


Figure 1. Illustration des couples de forces déterminant l'équilibre latéral d'un catamaran de type *Flying Phantom*.

Dans l'axe longitudinal, la composante propulsive de la force vélique produit un moment piqueur auquel participent également les plans porteurs des safrans. Ce moment piqueur est compensé par un moment cabreur, lié au fait que le centre de gravité du bateau (incluant son équipage) se trouve en arrière du point d'application de la portance des foils (figure 2).

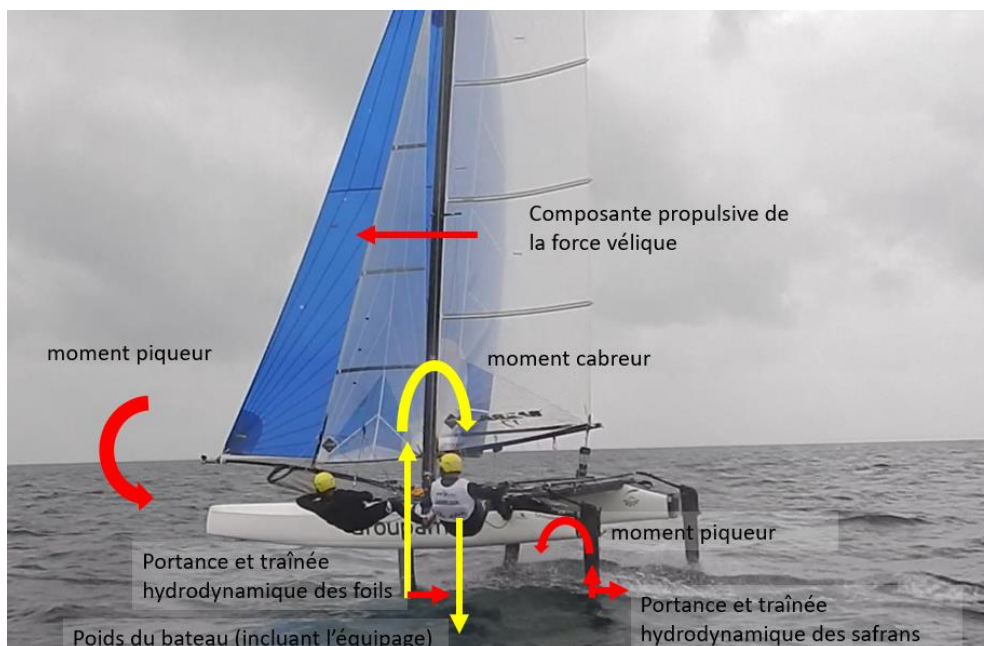


Figure 2. Illustration des moments piqueur et cabreur en jeu dans le maintien de l'équilibre longitudinal d'un Nacra 17.

De ce point de vue, la stabilité de vol d'un voilier à foils est expliquée, comme l'équilibre latéral et longitudinal de l'ensemble des voiliers légers, par l'équilibre dynamique des différentes forces aérodynamiques et hydrodynamiques s'appliquant au voilier. Le rôle de l'équipage est ainsi principalement conçu comme consistant à : (a) régler les voiles et diriger le bateau pour modifier les directions et les points d'application de ces forces, et (b) se déplacer sur le bateau pour participer à l'équilibre des forces grâce au déplacement du poids des coéquipiers.

1.2 Le recours aux calculs numériques pour trouver la meilleure forme

Dans le domaine de la recherche et de l'ingénierie, les connaissances sur les interactions de forces hydrodynamiques et aérodynamiques entre le bateau et son environnement sont mobilisées dans le cadre de la conception de logiciels « *Velocity Prediction Program* » (VPP) permettant de calculer la polaire de vitesse des voiliers. Ces programmes sont basés sur des algorithmes intégrant une estimation des forces aérodynamiques s'appliquant sur les parties émergées du bateau et les voiles, et des forces hydrodynamiques s'appliquant sur les parties immergées du bateau en fonction des angles de gîte, de vent apparent et de vent vitesse. Un calcul permet ensuite de déterminer des combinaisons optimales de surface de voile et de positions de l'équipage pour atteindre la vitesse maximale théorique du bateau en fonction de son angle de navigation par rapport au

vent (Fossati, 2009). Des modèles VPP ont été développés pour simuler différents réglages d'angles de foils en Moth à foil (Findlay et Turnock, 2008) ou en catamaran volant (e.g., Graf et Freiheit ; 2020 ; Guida, 2017 ; Paulin, Hansen, Hochkirch, et Fischer, 2015). Les concepteurs proposent des applications pratiques de ces modèles dans le domaine de l'entraînement pour aider les régatiers à mieux comprendre les liens entre la configuration des foils et la performance des voiliers. Ces modèles présentent néanmoins de nombreuses limites quant à leur validité écologique compte tenu des difficultés à intégrer l'ensemble des paramètres mécaniques (e.g., la déformation des foils, des voiles) ou l'état du plan d'eau dans les calculs (Graf et Freiheit, 2020 ; Guida 2017). Bagué, Lataire, Demeester et Degroote (2020) ont mené une étude spécifique sur la stabilité dynamique d'un catamaran Viper 16 (catamaran double de cinq mètres de long) équipé de foils en Z (similaires aux foils du Nacra 17). Ils reconnaissent un état actuel des connaissances trop limité pour permettre ce type de calcul, et un recours nécessaire aux connaissances développées dans le domaine de l'aviation (e.g., Drela, 2014). Les auteurs soulignent également les limites de leur étude centrée sur la stabilité longitudinale du voilier, qui s'est exclusivement focalisée sur les écoulements hydrodynamiques autour des foils, ignorant ainsi les écoulements aérodynamiques autour des voiles.

De manière générale, les approches mécaniques du fonctionnement des voiliers réduisent l'équipage à une masse positionnée à un certain endroit sur le bateau (e.g., Banks, Giovannetti, Taylor et Turnock, 2016). Ces modèles permettent de se représenter un réglage optimal les différents éléments du bateau pour des angles et des forces de vent précis afin d'obtenir le meilleur rendement du bateau. Autrement dit, ces modèles fournissent des explications en termes de relations structurelles entre les éléments mécaniques du bateau et l'environnement. Cependant, dans un environnement dynamique et incertain, et sur un bateau volant extrêmement sensible à chaque mouvement des coéquipiers, appréhender la diversité des formes d'interaction entre les coéquipiers et entre l'équipage et le bateau apparaît indispensable pour préciser l'explication de la stabilité de vol, et la compréhension de ses déterminants. Par ailleurs, dans une perspective « centrée sur l'activité », l'approche de ces interactions entre coéquipiers et entre l'équipage et le bateau doit résolument dépasser une perspective mécanique et intégrer les dimensions sensorimotrices, cognitives et émotionnelles inhérentes à toute activité humaine.

2 Le fonctionnement de l'équipage : la perspective de la coordination interpersonnelle

L'activité collective dans le domaine du sport est classiquement abordée en termes d'interactions entre athlètes, en réduisant l'environnement au contexte dans lequel se déroulent ces interactions. De même, en voile légère, le fonctionnement de l'équipage est souvent considéré comme étant basé sur une répartition de rôles dont la complémentarité serait nécessaire et suffisante au bon fonctionnement du bateau. Dans les deux prochaines sections, nous présentons d'abord une synthèse des approches couramment mobilisées pour étudier l'activité collective de sportifs, puis nous présentons de manière succincte le fonctionnement d'un équipage tel qu'il est classiquement décrit dans la littérature technique et scientifique (i.e., en termes de répartition de rôles).

2.1 La coordination interpersonnelle dans le domaine du sport

La coordination interpersonnelle dans le domaine du sport a été l'objet de travaux de recherches conduits selon trois perspectives théoriques différentes : l'approche « socio-cognitive », l'approche « enactive », et l'approche « éco-dynamique » (Araújo et Bourbousson, 2016). Tandis que l'approche socio-cognitive peut être qualifiée de représentationnelle, considérant la cognition humaine comme un processus de traitement de l'information, les approches enactive et éco-dynamique considèrent la cognition humaine comme un processus dynamique inhérent au couplage acteur-environnement. Les présupposés théoriques de ces approches renvoient à des paradigmes parfois jugés incommensurables (Kuhn, 1983) dans le domaine des sciences cognitives (Varela, 1996). Pour autant, d'autres auteurs jugent certaines de ces approches en partie conciliables, comme c'est le cas de l'approche écologique et de l'approche enactive, issues de deux traditions distinctes (Travieso, Lobo, Paz, Langelaar, Ibañez-Gijón et Jacobs, 2020). En dépit de leur caractère plus ou moins alternatif ou complémentaire d'un point de vue épistémologique, les recherches empiriques s'inscrivant dans ces différentes approches nous renseignent sur différents modes de coordination interpersonnelle dans le domaine du sport, basés : (a) sur des connaissances partagées, (b) sur un contexte partagé ; et (c) sur l'émergence de patterns d'activité collective auto-organisée.

Le rôle des connaissances dans la coordination interpersonnelle

Partant de la constatation qu'une équipe experte ne peut être réduite à une équipe d'experts, le courant de la *team cognition* (cognition collective) s'est attaché à l'étude du fonctionnement cognitif d'équipes dans les domaines du travail et du sport (e.g., Cannon-

Bowers et Bowers, 2006 ; Eccles, 2016 ; Eccles et Tenenbaum, 2004, 2007 ; McNeese, Cooke, Fedele et Gray, 2016). Ce courant s'inscrit dans une approche socio-cognitive de la coordination interpersonnelle (Araújo et Bourbousson, 2016 ; Eccles, 2016). Dans cette approche, l'équipe est considérée comme un ensemble d'individus interdépendants, partageant un objectif commun, et auxquels sont assignées des tâches spécifiques à accomplir (Cannon-Bowers et Bowers, 2006). La coordination interpersonnelle dépendrait de la capacité de chaque membre de l'équipe à comprendre une situation de manière similaire ou congruente avec la compréhension de cette même situation par les autres membres de l'équipe (Eccles et Tenenbaum, 2004). Pour cela, chaque membre de l'équipe doit posséder à la fois des connaissances nécessaires pour réaliser sa tâche (*taskwork knowledge*) et des connaissances sur la manière dont l'équipe (et chacun des membres de l'équipe) va accomplir la tâche collective (*teamwork knowledge*) (Eccles, 2016). Le partage de ces connaissances entre les membres de l'équipe, ou « référentiel commun » (e.g., Loiselet & Hoc, 2001 ; Sève *et al.*, 2009), reposerait théoriquement sur deux processus (Blaser et Seiler, 2019) : la planification de l'action, à travers des briefings permettant d'élaborer des plans et des tactiques de jeu ; et la mise en place de routines de jeu (Eccles et Tran, 2012). Il s'agit en somme de partager au sein de l'équipe des connaissances sur les différentes situations pouvant se présenter dans le déroulement de l'action (Blaser et Seiler, 2019). L'approche *team cognition* porte une attention particulière aux communications entre coéquipiers. Les communications verbales sont en effet considérées comme un transfert d'informations participant au processus de partage de connaissances ou à la mise à jour des connaissances partagées (Eccles, 2016). Blaser et Seiler (2019) ont par exemple montré une corrélation négative entre le degré de connaissances partagées et la quantité de communications verbales au sein d'une équipe de football. Toutefois, le concept de connaissances partagées présente des limites explicatives dans le domaine du sport. Du fait de l'environnement dynamique et incertain propre à de nombreuses situations sportives, les connaissances construites par le passé, même en étant régulièrement mises à jour par des communications entre coéquipiers, ne peuvent permettre d'anticiper l'ensemble des situations, le plus souvent inédites, auxquelles une équipe est confrontée, et dans lesquelles le fonctionnement de celle-ci reste néanmoins viable. Ferrario, Sforza, Dugnani, Michielon et Mauro (1999) ont montré, grâce à une analyse de la position de joueurs au sein d'une équipe de football, que même lors de l'exécution de configurations de jeu planifiées et répétées, le positionnement relatif des joueurs varie, produisant des configurations inédites. Alors que les travaux de recherches visant à étudier le partage de connaissances se sont principalement appuyés sur des enquêtes par questionnaires (e.g.,

Blickensderfer, Reynolds, Salas et Cannon-Bowers, 2010 ; Blaser et Seiler, 2019), Bourbousson, Poizat, Saury et Sève (2011a) ont analysé la dynamique d'évolution des connaissances partagées de joueurs au cours du déroulement d'un match de basketball en mobilisant des entretiens d'autoconfrontation (Theureau, 2006). Ce type d'entretiens vise à remettre mentalement les joueurs en situation pour qu'ils décrivent le déroulement de l'action tel qu'ils l'ont vécu pendant le match. Avec cette méthode, Bourbousson *et al.* (2011a) ont montré qu'au cours d'un match de basketball les connaissances mobilisées par les membres de l'équipe étaient rarement partagées par l'ensemble des joueurs de l'équipe, et que les formes de partage les plus fréquemment observées concernaient les quelques joueurs (deux ou trois) qui interagissaient localement le plus directement. Ils ont proposé d'enrichir la modélisation classique du partage de connaissances au sein des équipes (le modèle dit « de la fleur », dans lequel tous les joueurs partagent un ensemble de connaissances communes), en faisant l'hypothèse d'un partage selon un modèle « de la chaîne », ce partage se manifestant de proche en proche entre les joueurs de l'équipe (Bourbousson, Poizat, Saury et Sève, 2011b).

Le rôle du contexte dans la coordination interpersonnelle

Dans le courant *team cognition*, le construit de *team situation awareness* vise à prendre en compte la dynamique de construction des connaissances partagées (Cooke, Salas, Kiekel et Bell, 2004 ; Cooke, Salas, Cannon-Bowers et Stout, 2000). La notion de *situation awareness* est définie par Endsley (1988) comme : « *the perception of the elements in the environment within a volume of time and space, the comprehension of their meaning, and the projection of their status in the near future* » (Endsley, 1988, p. 97). La notion de *team situation awareness* renvoie alors à la conscience collective d'une situation à un moment donné (Salas, Prince, Baker et Shrestha, 1995). Cette compréhension s'appuie sur des connaissances, mais aussi sur la perception de l'environnement à chaque instant *t*, en relation avec les intentions et attentes des acteurs. Dans le domaine des sciences du sport, ce construit a été introduit de manière théorique (e.g., Eccles et Tenenbaum, 2004 ; 2007 ; Fiore et Salas, 2006) sans pour autant donner lieu à un grand nombre de recherches empiriques (Kermarrec, Cardin, et Bossard, 2014). De Keukelaere, Kermarrec, Bossard, Pasco et De Loor (2013) ont cependant étudié la conscience collective de la situation d'une équipe féminine de Handball au cours d'un match. Ces auteurs soulignent la complémentarité entre la connaissance du plan de jeu (préétabli), et la perception et la compréhension du contexte (en cours d'action) dans la coordination des actions des coéquipières. En effet, la coordination des coéquipières repose à

la fois sur des combinaisons d'actions planifiées, influencées par ce que les auteurs qualifient de culture commune, et sur des actions collectives d'adaptation, par exemple lors d'une désorganisation momentanée de la défense, au cours desquelles c'est le partage d'informations contextuelles perçues par plusieurs joueuses qui guide l'action collective.

Ce partage d'informations contextuelles a été étudié plus spécifiquement dans le cadre de travaux s'inscrivant dans le programme de recherche du Cours d'action (Theureau, 2006), à travers la notion de contexte partagé (Salembier et Zouinar, 2004). Le contexte partagé est défini comme : « *l'ensemble des informations ou événements contextuels mutuellement manifestes pour un ensemble d'acteurs, à un instant t, dans une situation donnée, compte tenu de leurs capacités perceptuelles et cognitives, des tâches qu'ils doivent réaliser, et de leur activité en cours* » (Sève et al., 2009, p. 13). Dans une étude portant sur des pongistes partenaires de double au cours d'un match, Poizat, Sève, Serres et Saury (2008) ont montré que le partage d'informations contextuelles (portant en particulier sur l'activité respective de chaque protagoniste) fluctuait entre trois formes typiques : symétrique (i.e., chacun des deux joueurs avait accès aux mêmes informations concernant l'activité de l'autre) ; asymétrique (i.e., les informations mutuellement manifestes pour les deux joueurs se référaient à l'activité d'un seul des deux pongistes) ; et non-partage (i.e., aucune information relative à l'activité de chacun n'était partagée par les deux pongistes). De plus, les auteurs soulignent que la forme dominante au cours du match était celle du non-partage, sans pour autant que cela n'affecte la performance. Une de leurs conclusions est que la coordination des joueurs ne nécessite pas un partage systématique d'informations contextuelles. En effet, des points de raccordement « ponctuels » (Gatewood, 1984) seraient suffisants pour maintenir cette coordination. Ces auteurs ont également montré que la régulation du partage d'informations contextuelles repose sur des activités d'enquête, de surveillance et de recherche d'influence de l'activité du partenaire, ainsi que de masquage ou de mise en visibilité de sa propre activité, traduisant des formes d'interaction plus ou moins coopératives vs concurrentielles. Cette alternance d'activités de formes coopératives et de formes concurrentielles au sein de la dyade de partenaires participerait à reconstruire une conscience collective de la situation lorsque celle-ci est perçue comme défaillante. Soulignons que cette dualité « coopération / concurrence » a également été mise en évidence dans le cadre d'études conduites avec des équipages experts de voile olympique, sur les prises de décision tactiques par les équipages (Saury, 2008a).

Le rôle du contexte dans la coordination collective a également été mis en évidence par les travaux de recherche menés en référence à l'approche éco-dynamique de la cognition humaine (Silva, Garganta, Araújo, Davids et Aguiar, 2013). Cette approche considère que

l'environnement offre des possibilités d'action aux individus qui sont perçues directement dans le flux de l'action, c'est-à-dire sans que cette perception ne présuppose l'existence préalable d'un plan d'action mémorisé. Le concept d'affordance traduit dans cette approche la perception directe de possibilités d'action dans l'environnement. L'entraînement consisterait à sensibiliser les membres d'une équipe à la perception d'affordances collectives (Silva *et al.*, 2013), c'est-à-dire aux ressources pertinentes de l'environnement exploitables collectivement (Reed, 1996 ; Silva *et al.*, 2013). Ces affordances collectives incluent les affordances « *pour les autres* » (*for others*), et les affordances « *des autres* » (*of others*). Les affordances pour les autres sont les affordances qu'un joueur donné peut produire pour d'autres joueurs à travers son activité dans une situation donnée ; les affordances des autres sont celles que les actions d'autres joueurs produisent pour un joueur donné (Silva *et al.*, 2013 ; Passos, Cordovil, Fernandes et Barreiros, 2012). En Rugby Union, Passos, *et al.* (2012) ont ainsi montré que la décision prise par un attaquant de faire une passe à son partenaire dépend de sa position par rapport au défenseur adverse, ce qui suggère la prise en compte par l'attaquant de la perception d'affordances du défenseur. Correia, Araújo, Davids, Fernandes, et Fonseca (2011) ont montré que la prise de décision par un attaquant de courir, faire une passe longue ou une passe courte est contrainte aussi bien par les affordances « pour soi » (perception de ses propres possibilités d'action) que par les affordances « des autres » (perception des possibilités d'action de ses coéquipiers et/ou de ses adversaires). Kimmel et Rogler (2018) ont montré comment des combattants d'Aïkido modulent leurs affordances mutuelles au cours d'un assaut, chaque combattant cherchant à élargir son champ d'affordances, réduisant par là-même le champ d'affordances de son adversaire. Ce faisant, les décisions et actions des sportifs en interaction sont continuellement contraintes par celles des autres acteurs (partenaires et/ou adversaires), en même temps qu'elles les contraignent (Silva *et al.*, 2013).

L'émergence de configurations d'activité collective auto-organisées

Que ce soit entre partenaires ou entre partenaires et adversaires, les contraintes produites par les actions de chaque protagoniste peuvent donner lieu à des formes d'activités collectives auto-organisées, qui sont l'objet de recherches dans l'approche éco-dynamique que nous avons introduite dans le paragraphe précédent. En effet, cette approche combine la psychologie écologique avec la théorie des systèmes dynamiques : « *The term "ecological dynamics" signifies an approach using concepts and tools of dynamical systems to understand phenomena that occur at an ecological scale—the scale where the relationship between individuals and their environments is defined.* » (Araújo *et al.*, 2006, p. 656). Un

système dynamique se caractérise par ses propriétés intrinsèques « *d'auto-(re)organisation* » (Mc Garry, Anderson, Wallace, Hughes et Franks, 2002, p. 772) en réponse à des perturbations internes (i.e., produites par les éléments composant le système), ou externes (i.e., produites par les contraintes environnementales). Cette dynamique est dite non-linéaire lorsqu'il n'existe pas de proportionnalité entre une perturbation du système et la réorganisation du système en réponse à cette perturbation. La théorie des systèmes dynamiques vise à expliquer les régularités qui émergent à l'intérieur d'un système comprenant de nombreux degrés de liberté (McGarry *et al.*, 2002). Des travaux sur le mouvement humain ont ainsi montré que les membres du corps humain peuvent être considérés comme des oscillateurs couplés (e.g., Haken, Kelso et Bunz, 1985 ; Kelso, 1984). Par exemple, lorsqu'un sujet réalise des mouvements cycliques avec deux membres, la fréquence du mouvement et la relation de phase (i.e., le décalage entre les cycles de mouvement de chaque membre) ont tendance à se stabiliser. McGarry, Khan, et Franks (1999) et McGarry *et al.* (2002) ont montré que le comportement d'une dyade de joueurs de Squash présente les caractéristiques d'un système dynamique : la dynamique de déplacement des joueurs tend à se stabiliser en antiphase. De même, Den Hartigh, Marmelat et Cox (2018) ont montré que des rameurs s'entraînant sur des ergomètres placés côte à côte avaient tendance à se synchroniser. Les travaux de recherche empiriques menés dans la perspective éco-dynamique sur l'activité collective de sportifs se sont focalisés sur les couplages spatio-temporels entre les individus, allant jusqu'à considérer une équipe comme un « superorganisme » (Duarte, Araújo, Correia et Davids, 2012). Ces recherches se sont attachées à mesurer l'évolution des distances entre les joueurs et les limites du terrain (e.g., Correia, Araújo, Davids, Fernandes et Fonseca, 2011 ; Passos *et al.*, 2012 ; Shafizadeth, Davids, Correia, Wheat, et Hizan, 2016), puis à déterminer quelle variable permet d'expliquer la performance ou la prise de décision des joueurs (e.g., distance par rapport à la ligne de touche ; variation de la distance interpersonnelle). Si les affordances perçues par les joueurs peuvent être inférées dans une certaine mesure à partir des variables identifiées, la non prise en compte du point de vue subjectif des individus est une limite explicative à cette approche. De plus, le choix des variables à mesurer présuppose une certaine connaissance préalable de l'activité pour s'assurer que ces mesures sont significatives du point de vue de celle-ci. Des travaux de recherche ont associé des méthodes de recherches issues d'approches éco-dynamiques avec celles d'approches phénoménologiques, afin de tenter de dépasser ces limites (e.g., Seifert, Adé, Saury, Bourbousson et Thouvarecq, 2016 ; Seifert, Lardy, Bourbousson, Adé, Nordez, Thouvarecq et Saury 2017). Par exemple, Seifert

et al., (2016) présentent une étude portant sur les coordinations interpersonnelles en aviron ayant combiné l'analyse de données comportementales (en calculant la phase relative continue entre les mouvements de l'aviron de chaque rameur) avec des entretiens d'autoconfrontation. Ces auteurs soulignent que les données phénoménologiques ont permis d'affiner l'analyse et de distinguer deux modes de coordination (i.e., direct et indirect⁹) à partir de la prise en compte de l'expérience vécue par les rameurs, sur des périodes de temps durant lesquelles l'analyse des données comportementales ne révélait qu'un seul mode de coordination (i.e., en phase).

2.2 La coordination interpersonnelle à bord de voiliers légers

A bord d'un voilier, l'organisation des rôles et des tâches de chaque coéquipier est *a priori* bien définie (Bouty & Drucker-Godard, 2012 ; Saury, 2008a) et l'équipage présente les caractéristiques d'une équipe dite « hétérogène » (Cooke & Gorman, 2006), au sein de laquelle la répartition des rôles et des tâches respectives de chaque coéquipier est fortement organisée en amont de l'activité collective (Bourbousson, Poizat, Saury & Sève, 2011b). En effet, sur un support nécessitant un équipage de deux personnes, par exemple, le barreur et l'équipier occupent des positions respectives spécifiques sur le bateau, leur donnant accès à certaines commandes et à certains réglages grâce auxquels ils peuvent réguler le fonctionnement du bateau (Annexe 2). Le barreur a une position plus reculée sur le bateau que l'équipier et reste dans l'espace proche de la barre pour pouvoir barrer, tandis que l'équipier, généralement plus avancé dans le bateau, a un accès privilégié aux écoutes des voiles d'avant, et de plus larges possibilités de déplacement sur le bateau. Sur chaque bateau, en fonction des commandes disponibles, du nombre de coéquipiers et de l'allure du bateau, les commandes attribuées à chaque coéquipier sont ainsi prédéfinies en fonction du poste qu'il occupe. Les rôles décisionnels sont eux aussi *a priori* préétablis en fonction du poste des coéquipiers, leur conférant des accès privilégiés à différentes informations. Les coéquipiers se répartissent ainsi les rôles de surveillance de l'espace proche du bateau (e.g., négociation des vagues, compromis cap-vitesse) et de surveillance de l'espace lointain du bateau (e.g., décision du moment pour virer en fonction de la position du bateau dans le parcours, des variations de vent sur le plan d'eau, et des trajectoires des bateaux adverses), en inversant ces rôles selon qu'ils sont sur un bord de près ou de portant. Cette spécialisation des rôles décisionnels est

⁹ Cette distinction entre les modes de coordination direct et indirect correspond à la distinction entre les modes de coordination « interpersonnel » versus « extrapersonnel » que nous introduisons dans la section 2.3.2 de ce chapitre.

largement admise dans la « culture technique » des entraîneurs et régatiers, et caractériserait même l'expertise des équipages (Saury, 2008a ; Surmin, 1981). Cette répartition des rôles est également décrite dans la littérature technique par Laurent (2009, p. 8), en relation avec certains traits de personnalité des régatiers :

« Barrer ou équiper : deux rôles différents qui ne requièrent pas les mêmes capacités. Barrer, c'est avant tout faire aller vite le bateau, c'est être capable de rester concentré plusieurs heures durant sur le passage du bateau dans l'eau et dans le vent. Équiper, c'est essentiellement observer, analyser, renseigner et proposer. Deux profils psychologiques distincts répondent à ces tâches. Ils se démarquent l'un de l'autre essentiellement sur les critères d'introversion et d'extraversion. S'il est en effet possible pour un introverti de rester concentré 2 ou 3 heures sur les penons d'un génois, il lui coûtera de devoir transmettre sans cesse à son partenaire ses observations et son analyse de la course. L'extraverti s'en acquittera par-contre fort bien et tout naturellement ».

Bien que la répartition des rôles soit *a priori* bien définie, le fonctionnement d'un équipage de voile légère a été décrit par Saury (2001, 2008a) comme une succession de formes d'activité coopérative et non coopérative. Les formes d'activité coopérative décrites consistaient pour chaque coéquipier à : (a) maintenir (ou s'assurer d') une interprétation commune de la situation avec son partenaire, (b) s'accorder sur une décision tactique, et (c) coordonner efficacement ses déplacements et comportements à bord avec ceux de son partenaire. Les formes d'activité non coopérative se manifestaient par des préoccupations de l'un des coéquipiers d'influence de l'activité de l'autre, qui s'exerçaient selon deux modalités typiques : (a) l'influence des jugements perceptifs et des interprétations du partenaire (e.g., communication d'informations jugées « non objectives » ou en contradiction avec celles communiquées par leur partenaire), et (b) l'influence des évaluations de la situation par le partenaire (e.g., accentuation des évaluations positives ou négatives de la situation, formulation d'évaluations contradictoires avec celles annoncées par le partenaire). Selon Saury (2008a), ces deux modalités témoignent à la fois d'un masquage des désaccords et des divergences d'interprétations perçues par les régatiers, et d'une influence tacite des décisions devant être assumées par son partenaire. Dans certains cas, elles traduisent des relations de « compétition » entre les deux coéquipiers, visant à imposer à l'autre une interprétation de la situation ou une décision tactique particulière. La fluctuation de ces formes coopératives ou compétitives d'activité collective inhérente à la coopération tactique en voile, repose sur deux processus généraux propres à l'activité des coéquipiers en relation avec la dynamique de la

coopération et les contraintes situationnelles circonstancielles : (a) la surveillance et l'évaluation de l'activité du partenaire, et (b) la construction et l'actualisation permanente d'un jugement de confiance à l'égard de l'activité du partenaire. Ces travaux ont ouvert la voie à une vision de la coopération comme pouvant intégrer une dimension partiellement compétitive, dans une dialectique coopération / compétition en permanente rééquilibration.

3 Les relations humain-système mécanique dans le domaine du sport : des relations jusqu'à présent peu explorées

Alors que la relation humain-système mécanique est déterminante dans la performance des sportifs dans de nombreuses disciplines sportives (e.g., voile, cyclisme, course automobile, aviron), peu d'études se sont à ce jour focalisées sur cette relation en considérant le sportif comme acteur de cette relation. Dans une revue de littérature sur la course moto, D'Artibale, Laursen et Cronin (2018) soulignent la prévalence des études centrées sur la moto, et la faible quantité d'études centrées sur le pilote. Ce même constat est mis en exergue par Potkaniwcz et Mendel (2013, s.p.) : « *For all of the preparation that was done for this [review] article, the authors could not find a published reason as to why drivers are not examined more extensively. Rather, efforts go toward analysing and improving the car and related equipment* ». En voile, tandis que la littérature technique regorge de guides de manœuvres, décrivant les procédures pour virer de bord, empanner, modifier les profils et les réglages des voiles, etc., les travaux scientifiques portant sur les interactions entre navigateurs et bateaux sont beaucoup plus rares et sortent du domaine du sport (e.g., Bouty & Drucker-Gordard, 2012 ; Dant et Wheaton, 2007). De manière générale, l'activité de pilotage d'un voilier n'a jusqu'à présent que très peu été explorée (Bethwaite, 2013).

Dans les sections suivantes, nous présentons dans un premier temps les différents approches ayant permis d'appréhender les interactions entre humains et matériel sportif dans le domaine du sport, et dans un deuxième temps nous présentons de manière plus détaillée certains travaux récents ayant décrit et caractérisé les relations humain-humain-système mécanique, dans le cadre d'une approche éco-dynamique et enactive de l'activité humaine.

3.1 Les interactions humain-matériel sportif

Nous avons identifié trois grandes approches dans les travaux portant sur les interactions humain-matériel sportif : (a) l'approche culturelle ; (b) les approches ergonomiques des facteurs humains (*human factors*) et de la conception centrée sur les

utilisateurs (*user-centered design*) ; et (c) L'« entrée activité » dans l'étude des interactions humain-matériel sportif.

L'approche culturelle

L'approche culturelle des relations entre sportifs et matériels sportifs s'attache à décrire l'évolution conjointe des matériels sportifs et des techniques sportives (ou plus largement des « techniques corporelles », Durand, Hauw & Poizat, 2015) inventées et adoptées par des groupes de pratiquants. Cette description est réalisée de manière rétrospective et sur des empan temporels de plusieurs années (e.g., Boutroy, Soulé et Vignal, 2014 ; Defrance, 1985 ; Dant et Weahton, 2007 ; Terret, Robène et Grosjean, 2017 ; Vigarello, 1988). Un exemple fréquemment cité est celui du saut à la perche, dont l'évolution des perches en bambou vers les perches métalliques puis les perches en fibre, s'est accompagnée de la modification des techniques corporelles des perchistes (e.g., Defrance, 1985 ; Vigarello, 1988). Un autre exemple est celui de la discipline « freestyle » en canoë-kayak. Terret *et al.*, (2017) ont par exemple montré que l'invention de nouvelles figures est liée à l'apparition de bateaux plus courts, à fond plat et à carres. Ces bateaux ont ouvert de nouvelles possibilités techniques pour les pagayeurs grâce à la vitesse, la maniabilité et la stabilité inédites que leur conféraient leurs formes de coque. Les auteurs soulignent que ces innovations se sont produites conjointement à une évolution des mentalités des pratiquants de canoë-kayak. Les adeptes de la disciplines freestyle s'inscrivent en effet dans une culture de la « glisse » : ces pratiques visent la recherche de sensations davantage que la confrontation aux autres (Loret, 1995). Dans un autre domaine, Dant et Wheaton (2007) décrivent les interactions entre les véliplanchistes et leur matériel en termes de développement de techniques corporelles à travers l'interaction avec le matériel (i.e., la planche à voile). Ces auteurs soutiennent qu'à la différence de pratiques de pilotage (e.g., piloter une voiture, ou un voilier de grandes dimensions), l'ensemble du corps participe au contrôle et à la propulsion de la planche à voile. De fait selon ces auteurs, l'apprentissage de ces techniques corporelles constitue un « capital incorporé ». Celui-ci accompagne le « capital matériel » (i.e., la planche à voile), et c'est à travers l'interaction entre ces deux formes de capitaux que les véliplanchistes intègrent des « sous-groupes » culturels. Ainsi, ces auteurs sont amenés à considérer que les relations sensori-motrices et émotionnelles développées par les véliplanchistes à travers leurs interactions avec le matériel participe au développement d'une culture de la planche à voile au sein de laquelle la « fusion » du corps, du matériel et de l'environnement prend du sens pour les pratiquants.

Les approches ergonomiques des facteurs humains (human factors), et de la conception centrée sur les utilisateurs (user-centered design)

L'approche des facteurs humains (*human factors*) regroupe un éventail de théories et de méthodes traditionnellement mobilisées pour analyser les situations critiques de sécurité dans le domaine du travail (e.g., dans l'armée, les centrales nucléaires, l'aviation), et ayant par la suite trouvé un champ d'application dans le domaine du sport (Salmon, Stanton, Gibbon, Jenkins et Walker, 2009). Dans ce domaine, les recherches ont porté sur les dispositions biomécaniques et physiologiques des acteurs humains (les facteurs humains), sur les contraintes environnementales ainsi que sur les caractéristiques des équipements sportifs conçus pour la performance (Salmon *et al.*, 2009). Les relations entre les sportifs et leurs équipements ont principalement été étudiées dans une démarche ergonomique visant à optimiser le matériel sportif pour améliorer la performance de l'humain qui interagit avec ce matériel (Shan, 2008). Par exemple, en saut à la perche, cette approche vise à déterminer la longueur et la rigidité optimale d'une perche pour un athlète donné, compte tenu de sa vitesse de course, son poids et sa technique de saut (Shan, 2008). En golf, l'analyse des mouvements de golfeurs utilisant différents types de clubs a montré les effets des caractéristiques mécaniques des clubs sur ces mouvements (e.g., Cochran, 2002 ; Li, Dunn, Betzler, Shan, 2006 ; Lindsay, Horton et Paley, 2002). Les études ont révélé que des améliorations des caractéristiques mécaniques des clubs ne conduisaient pas systématiquement à une amélioration de la performance des joueurs (Shan, 2008). Ainsi, de manière générale, les travaux dans l'approche des facteurs humains s'appuient sur des mesures expérimentales de fonctions isolées selon une vision que l'on peut considérer d'agrégative : améliorer la performance consisterait à améliorer l'humain d'une part, et le matériel d'autre part, mais ces facteurs sont analysés et optimisés isolément. Cela contraste avec une vision systémique et située de la performance.

L'approche « *user-centered design* » (Norman, 1988) vise à intégrer l'utilisateur dans le processus de conception du matériel. Elle vise à évaluer l'utilisabilité du matériel, qui est définie de la manière suivante par la norme ISO 9214-11 :201 : « *le degré selon lequel un système, un produit ou un service peut être utilisé, par des utilisateurs spécifiés, pour atteindre des buts définis avec efficacité, efficacité et satisfaction, dans un contexte d'utilisation spécifié* » (ISO, 2018). Ce type d'approche a notamment été mobilisé pour étudier la relation entre des pratiquants de kitesurf et leur matériel et évaluer le confort et la

sécurité de celui-ci (Lundgren Bligård, Brorsson et Osvalder 2011 ; Lundgren, Brorsson et Osvalder 2012). Dans une première étude, Lundgren *et al.* (2011) ont identifié les types d'ailes, de planches et de harnais utilisés de manière préférentielle par les pratiquants, ainsi que les problèmes de sécurité liés à l'utilisation de *footstraps*. Dans une deuxième étude, Lundgren *et al.* (2012) ont identifié les problèmes d'utilisabilité du matériel lors de la phase de préparation, pouvant conduire à des risques de sécurité. Par exemple, le risque d'inverser les lignes gauches et les lignes droites lors de la connexion avec l'aile. Les auteurs suggèrent notamment l'utilisation d'un code couleur standard pour éviter ces erreurs. Notons que depuis quelques années, un code couleur standard est effectivement utilisé sur la grande majorité des kites. La limite de ces approches repose dans la difficulté à prendre en considération la dynamique de l'interaction avec le matériel en situation réelle. Par exemple l'étude de Lundgren *et al.* (2012) présuppose la décomposition de la tâche de préparation du matériel en sous-tâches, afin d'analyser les erreurs pouvant être réalisées à chaque étape. Cela exclut la possibilité d'analyser les situations inédites ou improvisées pouvant apparaître au cours de l'interaction entre le sportif et son matériel. L'approche présentée dans la sous-section suivante vise à analyser avec finesse l'ensemble des interactions entre le sportif et son matériel en situation réelle.

L'« entrée activité » dans l'étude des interactions humain-matériel sportif

Au cours des deux dernières décennies, les travaux de recherche centrés sur l'analyse de l'activité des sportifs en situation réelle d'entraînement ou de compétition se sont développés en visant : (a) la prise en compte de la variabilité de l'activité de l'athlète ; (b) la considération des techniques sportives à partir des significations qu'elles véhiculent au-delà de leurs manifestations comportementales ; et (c) l'analyse de la performance dans son contexte naturel d'expression plutôt que dans des tâches expérimentales en laboratoire (Hauw, 2009). En termes d'interactions entre humains et matériel sportif, Les travaux empiriques inscrits dans une approche « orientée activité » (Barbier et Durand, 2017 ; Poizat, Haradji, et Seifert, 2011) en sport ont été principalement développés dans le programme de recherche du Cours d'action (Theureau, 2006), en combinant des méthodes de recueil et d'analyse de données phénoménologiques et de données mécaniques ou biomécaniques. Notamment, des travaux conduits en natation (Adé, Poizat, Gal-Petitfaux, Toussaint et Seifert, 2009 ; Poizat *et al.*, 2010) ont analysé la transformation de l'activité des nageurs liée à l'utilisation d'un système mécanique servant à évaluer la performance des nageurs en termes de traînée : le MAD system. Ces auteurs ont montré que les nageurs faisaient l'expérience de

« perturbations insurmontables [notre traduction] » (Adé *et al.*, 2009 p. 1049)¹⁰ dans leur interaction avec le système à des rythmes lents et rapides, transformant par là-même leur activité de nage. En revanche, à des vitesses de nage modérées les nageurs parvenaient à s'adapter en conservant leur technique de nage habituelle. Des travaux portant sur la conception de sac à dos pour la course à pied (trail) (Rochat, Hauw et Seifert, 2019 ; Rochat, Seifert, Guignard et Hauw, 2019) ont étudié l'appropriation de sacs à dos par des coureurs en analysant conjointement l'expérience des coureurs et des mesures du couplage entre les accélérations verticales du sac et celles du coureur. Leurs résultats mettent en évidence que la perception du sac à dos par les coureurs varie en fonction des caractéristiques techniques du sac, mais aussi de l'environnement. En effet, certains éléments du sac peuvent être saillants dans l'expérience du coureur sur une section de parcours sur laquelle il est facile de courir, et ces mêmes éléments peuvent ne plus être mentionnés par les coureurs comme significatifs dans leur expérience sur des sections de parcours plus difficiles ou techniques. Si l'environnement peut modifier la relation entre le sportif et son matériel, le matériel peut également modifier la relation du sportif avec l'environnement. Par exemple Adé, Seifert, Gal-Petitfaux et Poizat (2017) ont mis évidence à travers l'étude de l'activité de glaciéristes le rôle médiateur des piolets et crampons dans l'interaction entre le sportif et la glace : les experts sont capables, à travers l'utilisation de leur matériel, de révéler ou d'amplifier des informations sur la qualité de la glace.

3.2 Les interactions humain-humain-système mécanique

Les travaux portant sur les interactions humain-humain-système mécanique dans le domaine du sport se sont principalement focalisés sur la situation exemplaire de la coordination entre rameurs dans des bateaux d'aviron à deux coéquipiers. Dans cette situation, la coordination entre les coéquipiers cherchant à synchroniser de façon optimale leurs mouvements de rame respectifs, est médiée par un système mécanique complexe : le bateau d'aviron (e.g., Cuijpers, Den Hartigh, Zaal, et De Poel, 2019 ; Millar, Oldham et Renshaw, 2013 ; R'Kiouak, Saury, Durand et Bourbousson, 2016 ; Saury, Nordez et Sève, 2010 ; Seifert *et al.*, 2017). Ces travaux ont été conduits dans des perspectives éco-dynamiques (Cuijpers *et al.*, 2019 ; Millar *et al.*, 2013), ou en référence au programme de recherche du Cours d'action, tout en intégrant des méthodes d'analyse des approches éco-dynamiques (e.g., R'Kiouak *et al.*, Saury *et al.*, 2010 ; Seifert *et al.*, 2017). Le point commun entre ces études

¹⁰ Les termes utilisés dans l'article en anglais sont « *insurmountable disturbances* »

est de mettre en évidence la participation du bateau – ou des ergomètres dans l'étude de Cuijpers *et al.* (2019) – dans le maintien de la synchronisation des mouvements de la dyade de coéquipiers. Tandis que dans les sections précédentes nous avons décrit la coordination entre coéquipiers en termes de coordination interpersonnelle, Millar *et al.* (2013) et R'Kiouak *et al.* (2017) distinguent deux modes de coordination : ils se réfèrent à la coordination interpersonnelle lorsque les coéquipiers se prennent en compte mutuellement pour réguler leurs mouvements, et à une coordination « extrapersonnelle » lorsque les coéquipiers maintiennent leur synchronisation grâce à la coordination de chacun aux mouvement du bateau, indépendamment de toute référence directe à l'activité de son coéquipier. Le bateau joue ainsi un rôle de médiateur dans la coordination entre coéquipiers, leur permettant d'être coordonnés sans faire l'expérience de participer à une action collective.

Toutefois, bien que ces études prennent en compte les interactions entre les coéquipiers et le système mécanique qu'ils partagent, elles ne font pas état des relations entre les coéquipiers et l'environnement (au-delà du système mécanique), ni entre le système mécanique et l'environnement. Si l'aviron se pratique dans des conditions environnementales souvent calmes, en voile volante, les relations à l'environnement sont beaucoup plus complexes, dynamiques et incertaines. Dans cette thèse, nous avons cherché à enrichir les connaissances sur le fonctionnement d'un système humain-humain-système mécanique évoluant dans un environnement dynamique.

Conclusion de la première partie

Dans cette première partie nous avons présenté le cadre général de nos recherches. Celle-ci s'inscrit dans un contexte d'évolution technologique majeure avec le récent développement de la pratique de la voile volante. L'adjonction de foils sur les voiliers permet d'ouvrir un nouveau mode de navigation pour ces bateaux : la navigation volante. L'histoire des pratiques sportives a montré que les techniques corporelles évoluent conjointement aux innovations technologiques. Dans le contexte actuel de la voile, ces évolutions sont en lien avec le développement contemporain de la pratique de la voile volante. La notion de contrôle de la stabilité de vol se trouve au centre des discussions des pratiquants et praticiens, et à l'interface d'enjeux pratiques et scientifiques. Le maintien d'un vol stable caractérise en effet le bon fonctionnement d'un voilier volant. Ainsi, la construction de connaissances relatives aux interactions entre les membres de l'équipage, le bateau et l'environnement résonne avec les préoccupations de concepteurs de bateaux et d'ingénieurs. D'un point de vue plus fondamental, la compréhension des formes d'interaction et modes de coordination entre coéquipiers, bateau et environnement, doit contribuer à enrichir les connaissances sur l'activité collective de sportifs. Jusqu'à présent, cette activité collective a principalement été appréhendée en termes de relations entre sportifs. Cette thèse s'inscrit dans le prolongement de travaux ayant mis en évidence le rôle médiateur de l'environnement matériel dans la coordination collective de sportifs (R'Kiouak, 2016 ; R'Kiouak, 2017) Son objectif est d'appréhender le système humain-humain-système mécanique constituant le voilier volant en considérant conjointement les interactions entre les éléments qui le composent (i.e., coéquipiers, structure mécanique du bateau), et les interactions entre ces éléments et l'environnement dynamique dans lequel ils évoluent.

DEUXIÈME PARTIE :
CADRE
ÉPISTÉMOLOGIQUE ET
MÉTHODOLOGIQUE

CHAPITRE 3 Le cours d'action comme mode d'accès à la compréhension de l'activité d'un ensemble humain-système mécanique-environnement, cohérent avec l'hypothèse de l'enaction

L'objet de ce chapitre est d'introduire le cadre théorique du programme de recherche du Cours d'action. Dans un premier temps nous présentons l'approche enactive (Maturana et Varela, 1994 ; Varela, 1989 ; Varela, Thompson, Rosch, 1993), celle-ci étant une hypothèse de substance du programme de recherche du Cours d'action (Theureau, 2004a, 2006, 2009, 2015). L'approche enactive fait partie des approches dites de la « *4E cognition*¹¹ » (Newen, Bruin et Gallagher, 2018) qui appréhendent la cognition en considérant les interactions entre le cerveau (ou système nerveux), le corps et l'environnement (matériel et social). La spécificité de l'approche enactive naît de son double ancrage dans les sciences de la vie, et dans la phénoménologie. Dans ce chapitre nous abordons l'ancrage dans la biologie du paradigme de l'enaction en termes de caractérisation du vivant, puis les implications de cet ancrage sur la définition de la cognition humaine individuelle et sociale à la lumière du paradigme de l'enaction. Dans un deuxième temps, nous présentons les objets théoriques d'étude de l'activité humaine du programme de recherche du Cours d'action. Pour cela, nous commençons par rappeler les origines de ce programme de recherche ainsi que les hypothèses de substance. Nous présentons ensuite les objets théoriques de ce programme de recherche permettant d'appréhender l'activité humaine individuelle et collective.

1 Une approche enactive de l'activité humaine

1.1 Du vivant à la cognition humaine

L'être humain est un être vivant partageant des caractéristiques fondamentales avec l'ensemble des êtres vivants du point de vue des processus impliqués dans sa relation avec son environnement et dans le maintien de sa viabilité. Nous présentons dans cette section les concepts d'autopoïèse, de clôture opérationnelle et de couplage structurel, qui traduisent ces caractéristiques. Ces concepts servent de base théorique pour appréhender la cognition humaine comme un processus enactif, terme dont nous introduirons également la définition.

¹¹ Les « 4E » sont : *Embodied* (incarné), *Embedded* (située), *Enacted* (enactée) et *Extended* (étendue)

La genèse structurelle des êtres vivants

Selon Maturana et Varela (1994), tout être vivant est un système autopoïétique, et tout système autopoïétique est un être vivant. Le concept d'autopoïèse renvoie à l'idée selon laquelle un système vivant se produit soi-même (du grec *auto* : soi-même ; et *poiesis* : production, création). Il s'agit d'un processus circulaire : un système vivant produit ses propres composants à partir de ses propres composants, traduisant ainsi une forme spécifique d'autonomie. Ce type de processus est illustré de façon métaphorique par Maturana et Varela par le tableau *Drawing Hands* de M.C. Escher (Maturana & Varela, 1994, p. 11). Ce tableau représente deux mains, chacune portant un stylo dessinant l'autre main, dans un processus circulaire définissant le dessin comme une unité insécable. Le processus autopoïétique engendre une unité vivante, dont la forme la plus simple est l'organisme unicellulaire. Plusieurs unités vivantes peuvent s'associer pour former un système qui, s'il forme à son tour une unité, est également un système autopoïétique. C'est le cas de l'être humain, comme de l'ensemble des espèces vivantes animales ou végétales. Ici, la notion d'unité ne renvoie pas uniquement à la possibilité de pouvoir distinguer, du point de vue d'un observateur, la cellule ou le système vivant de son environnement. Elle renvoie à la capacité que possède une unité ou un système autopoïétique de maintenir cette distinction dans le temps à partir de son organisation propre, même si des échanges doivent être établis avec l'environnement pour maintenir la capacité de production de composants assurant la viabilité de son organisation. En ce sens, un système autopoïétique est structurellement clos : « [l'organisation du système] est caractérisée par des processus: (a) dépendant récursivement les uns des autres pour la génération et la réalisation des processus eux-mêmes, et (b) constituant le système comme une unité reconnaissable dans l'espace (le domaine) où les processus existent » (Varela, 1989, p. 86). Cette capacité à se distinguer de son environnement est proche de la notion d'individuation biologique proposée par Simondon (2005), c'est-à-dire le processus qui « fournit à l'être son origine » (Simondon. 2005, p. 267) en distinguant l'individu de son milieu associé, ce processus transformant à la fois l'individu et son milieu. Le maintien de l'organisation du système, qui lui permet de se distinguer de son environnement, repose en effet à la fois sur son organisation interne et sur les échanges physico-chimiques avec son environnement. La structure du système autopoïétique émerge de l'interaction constante avec son environnement et se transforme constamment au gré de cette interaction. En ce sens, un système autopoïétique n'est pas détaché de son environnement, mais est structurellement couplé avec celui-ci.

L' enaction : l'action incarnée

Selon l'hypothèse de l'enaction, la cognition est une « action incarnée » : « la cognition dépend des types d'expérience qui découlent du fait d'avoir un corps doté de diverses capacités sensori-motrices ; (...) ces capacités individuelles sensori-motrices s'inscrivent elles-mêmes dans un contexte biologique, psychologique et culturel plus large » (Varela *et al.*, 1993, p. 234). L'approche enactive s'inscrit en ce sens dans le champ des approches de la cognition incorporée¹² qui se distinguent des approches relevant de ce que Shapiro (2019) appelle les « *standard cognitive sciences* ». Pour cet auteur, tandis que les approches *standard cognitive sciences* expliquent l'activité cognitive en termes de processus algorithmiques et des représentations symboliques, les approches incorporées expliquent l'activité cognitive en se regroupant autour de trois idées complémentaires : (a) les propriétés corporelles d'un organisme limitent ou contraignent la compréhension du monde de cet organisme ; (b) les approches computationnelles de la cognition sont mal adaptées pour prendre en compte la cognition comme processus continu correspondant davantage aux principes de fonctionnement d'un système dynamique non linéaire ; (c) le corps et le monde sont des éléments constitutifs des processus cognitifs et non de simples sources d'influences occasionnelles pesant sur ces processus (Shapiro, 2019). La spécificité de l'approche enactive vis-à-vis des autres approches de cognition incorporée est une conséquence de l'hypothèse du couplage structurel des systèmes autopoïétiques avec leur environnement : l'organisme et son environnement se spécifient mutuellement à travers l'histoire de leurs interactions. Cette histoire implique une tension permanente dans la relation organisme-environnement devant être régulée par l'organisme pour maintenir ce couplage nécessaire à son « auto-production », tout en conservant son identité à travers un processus « d'auto-distinction » (Di Paolo, Buhmann et Barandiaran, 2017). Le couplage structurel organisme-environnement est ainsi qualifié d'asymétrique (Di Paolo *et al.*, 2017 ; Theureau, 2006). La régulation de cette tension est rendue possible par l'existence d'un « potentiel » dans la relation organisme-environnement. Pour Simondon (2005), ce potentiel préexiste à la relation organisme-environnement, tout comme l'eau salée préexiste à la formation d'un cristal salin et correspond à une réalité préindividuelle : « le déjà-là préindividuel est porteur de *tensions* qui se transforment en *structures* » (Stiegler, 1998, p. 246). Tandis que dans le cas d'un cristal le processus d'individuation se résume à l'épuisement de potentiels préexistants à la formation

12 Nous avons choisi la traduction littérale de « embodied cognition » par « cognition incorporée » plutôt que « incarnée » dans la mesure où l'on retrouve au sein de ces approches des travaux sur des systèmes non-vivants, nous réservons ainsi l'utilisation du terme « incarné » aux êtres vivants.

du cristal, dans le cas d'un système vivant, celui-ci s'auto-produit et maintient cette autoproduction dans l'espace (auto-distinction) et dans le temps (correspondant à sa durée de vie). L'activité cognitive d'un système vivant correspond aux transformations par lesquelles celui-ci se maintient dans son domaine de viabilité, c'est-à-dire dans le domaine d'interactions possibles de l'organisme avec l'environnement au sein duquel l'organisme reste vivant :

« La cognition en tant qu'action inscrite dans un corps, est toujours dirigée vers quelque chose qui manque : d'une part il y a toujours un pas suivant pour le système dans son action perceptivement guidée ; et d'autre part, les actions du système sont toujours dirigées vers des situations qui ont encore à se concrétiser. La cognition au sens d'action incarnée pose donc tout à la fois des problèmes en même temps qu'elle spécifie les chemins qui doivent être tracés ou frayés pour qu'ils soient résolus. »
(Varela *et al.*, 1993, p. 279).

Il est important ici de souligner que la cognition en tant qu'action ne se limite pas à des actions réfléchies et planifiées, mais intègre l'ensemble des actions de l'organisme résultant des transformations permanentes de son organisation interne permettant le maintien du processus autopoïétique.

De l'humain à l'acteur

L'être humain comme système autopoïétique est donc un système cognitif, opérationnellement clos et structurellement couplé à son environnement. Dans l'approche enactive, l'activité cognitive de systèmes vivants est qualifiée d'activité de création de signification¹³ (Weber et Varela, 2002). Cette activité de création de signification est directement associée à l'asymétrie du couplage structurel : un être vivant ne se contente pas de déterminer son propre domaine d'interactions avec son environnement, mais il actualise en permanence ce domaine par une activité adaptative guidée par les significations que prennent ses actions vis-à-vis de tendances bénéfiques ou délétères au maintien du processus autopoïétique (Froese et Di Paolo, 2011), voire aussi d'habitudes dans le cas d'êtres humains notamment (Di Paolo *et al.*, 2017). Cette adaptativité reflète une capacité à évaluer des besoins et élargir les moyens (Di Paolo *et al.*, 2017 ; Froese et Di Paolo, 2011). L'être humain (comme l'ensemble des êtres vivants) est en ce sens *acteur* de son existence, et c'est en ce terme que nous nous référerons désormais à lui. A travers l'histoire de ses interactions avec

13 Les auteurs anglophones utilisent le terme de « *sense making* »

son environnement, et donc l'histoire de création de significations, l'acteur développe sa propre perspective sur l'environnement, une présence au monde (Merleau-Ponty, 1942) pouvant être qualifiée de « monde propre ». Ce monde propre est un monde de significations construit par l'acteur et accessible uniquement par lui. Ce monde propre, « enacté », est le monde dont nous faisons l'expérience (Varela *et al.*, 1993). Il se distingue de l'environnement physico-chimique, social et culturel, avec lequel nous sommes structurellement couplés, la différence entre l'environnement et le monde étant dans le « surplus de signification » du monde par rapport à l'environnement (Varela, 1997). Ainsi, comme le remarquent Maturana et Varela, (1994), nous ne voyons pas « l'espace » du monde, mais nous vivons notre champ visuel ; nous ne voyons pas les « couleurs » du monde, mais nous vivons notre expérience chromatique. Pour chaque acteur, son monde propre se rapproche, sans pour autant s'y rattacher, au monde propre d'autres humains comme appartenant à une même espèce. La proximité est liée à la similarité de la structure biologique propre à notre espèce. Par exemple notre perception sonore est en partie déterminée par la structure de nos organes auditifs. Nous ne pouvons pas percevoir les ultra-sons que perçoivent les chiens. La culture dans laquelle nous sommes immergés rapproche également nos perceptions du monde : la perception de sons émis par un poste de radio sera différente si nous connaissons la langue dans laquelle parlent les animateurs ou si nous ne la connaissons pas. Pour autant, un monde propre reste attaché à l'histoire d'une relation individuelle avec l'environnement (physico-chimique, social, culturel) et, en ce sens, il ne peut être totalement le même chez plusieurs individus. Cette notion de monde propre est semblable à la notion de « Umwelt » proposée par Von Uexküll (1965). D'un point de vue méthodologique, l'implication de cet entrelacement entre l'être vivant et l'enactement d'un monde propre est de placer l'expérience de l'acteur au centre des travaux s'inscrivant dans une approche enactive de pratiques humaines.

1.2 Appréhender l'activité d'un collectif composé d'acteurs et d'artefacts matériels dans l'approche enactive.

Dans l'approche enactive, trois ordres de couplage sont distingués (Maturana et Varela, 1994, Theureau, 2004). Le couplage d'une unité autopoïétique avec son environnement est qualifié de couplage de premier ordre ; lorsqu'un organisme est doté d'un système nerveux, le couplage entre cet organisme et son système nerveux est qualifié de couplage de deuxième ordre. Enfin, le couplage de plusieurs organismes autopoïétiques dotés d'un système nerveux est qualifié de couplage de troisième ordre ou « couplage social ».

Le couplage social comme fondement de la culture

A la différence des couplages de premier et deuxième ordres, un couplage de troisième ordre ne constitue pas un nouvel organisme, mais produit un nouveau domaine de phénomènes, un domaine *consensuel*. Ainsi, comme dans le cas des couplages de premier ordre, du point de vue de l'organisation interne d'un organisme, un autre organisme représente une source de perturbations qui ne se distingue pas en soi des autres perturbations produites par l'environnement. Toutefois, ces interactions entre organismes lorsqu'elles prennent un caractère récurrent produisent une dérive conjointe de la structure de ces organismes : « *Dans leur dérive structurale consécutive, ceci [le caractère récurrent des interactions] aboutit à une co-ontogénèse, avec intrication réciproque pendant leur couplage structural mutuel, chacun conservant son adaptation et son organisation* » (Maturana et Varela, 1994, p. 174). Ce couplage de troisième ordre forme un système social au sein duquel chaque organisme, à travers son ontogénèse individuelle, participe à un réseau de co-ontogénèses. Ces co-ontogénèses se traduisent du point de vue d'un observateur en des comportements coordonnés (Maturana et Varela, 1994), c'est-à-dire des corrélations non accidentelles de comportements (De Jaegher et Di Paolo, 2007). La notion de corrélation est entendue par De Jaegher et Di Paolo (2007) comme la cohérence dans le comportement entre plusieurs organismes au-delà de ce qui serait attendu, compte tenu de ce dont ces organismes sont capables de faire. Ces auteurs illustrent cette notion avec l'exemple de personnes marchant dans la rue : le fait que des personnes marchent dans une rue n'est pas un cas de coordination, puisque marcher dans la rue est une chose que les gens font normalement. En revanche, si ces personnes marchent dans une même direction, il y a une corrélation des comportements. Et si l'on suspecte que cette corrélation n'est pas accidentelle, il est possible de faire l'hypothèse qu'il existe un facteur coordonnant ces personnes, De Jaegher et Di Paolo (2007) donnent l'exemple d'une marche pour la paix. Pour Maturana et Varela (1994), une forme de coordination est la communication, qu'ils définissent comme « *les comportements coordonnés déclenchés mutuellement parmi les membres d'une unité sociale* » (Maturana et Varela, 1994, p. 188). Les comportements culturels apparaissent lorsque la communication au sein d'un groupe social stabilise des formes de comportements de manière transgénérationnelle (Maturana et Varela, 1994). Froese et Di Paolo (2011) parlent d'« enculturation » comme incorporation de l'hétéronomie culturelle, c'est-à-dire l'obéissance à des normes culturelles préétablies. En émergeant, le domaine socio-culturel prend une autonomie relative par rapport aux individus y participant. L'entrée d'un acteur dans un domaine culturel est à la fois contraignante et habilitante pour cet acteur : contraignante car

cela suppose de prendre en considération ou de respecter des normes préétablies, et habilitante car cela ouvre de nouvelles possibilités à cet acteur pour créer de nouvelles significations et mettre en place de nouvelles normes pour soi et pour les autres (Froese et Di Paolo, 2011).

Les interactions sociales comme création participative de significations

De Jaegher et Di Paolo (2007) définissent les interactions sociales comme un processus prenant temporairement une forme d'autonomie, sans pour autant détruire l'autonomie des acteurs y participant :

« *Social interaction is the regulated coupling between at least two autonomous agents, where the regulation is aimed at aspects of the coupling itself so that it constitutes an emergent autonomous organization in the domain of relational dynamics, without destroying in the process the autonomy of the agents involved (though the latter's scope can be augmented or reduced)* » (De Jaegher et Di Paolo, 2007, p. 8).

Lorsque plusieurs acteurs se rencontrent, la dynamique de l'interaction n'est pas réductible aux comportements individuels. Chaque acteur participe à maintenir (ou à mettre un terme) à la rencontre, et le déroulement de la rencontre influence en retour les acteurs y participant. Ce processus d'interaction, tant qu'il se maintient, est considéré par ces auteurs comme un processus opérationnellement clos. L'interaction sociale est en ce sens différente d'une simple coprésence d'individus. De Jaegher et Di Paolo (2007) précisent ainsi que la diffusion de chaleur corporelle au sein d'un groupe attendant le bus n'est pas une interaction sociale dans la mesure où cette forme de couplage n'est pas activement régulée par les acteurs de manière à affecter le couplage lui-même. De même, ces auteurs considèrent que la rencontre de deux acteurs qui se cognent accidentellement en marchant dans une rue bondée ne constitue pas une interaction sociale, tout en précisant que cela le devient à partir du moment où l'un des deux acteurs commence à réguler la dynamique d'un échange résultant de ce contact initial. La régulation des interactions par les acteurs est ce qui permet l'émergence de comportements coordonnés entre acteurs. La coordination de systèmes couplés est un phénomène observé aussi bien dans le domaine de la physique que de la biologie, ainsi que dans les approches dynamiques de la cognition. Par exemple, lors d'applaudissements à la fin d'un concert, le tonnerre chaotique initial d'applaudissements peut se transformer en vagues d'applaudissements synchronisés pour demander un rappel (Kelso; 2013 ; Néda, Ravasz, Brechet, Vicsek et Barabasi, 2000). Oullier Guzman, Jantzen, Lagarde et Kelso (2008) ont montré que deux acteurs à qui l'on demande de faire osciller leur index de haut en bas à la fréquence et amplitude qu'ils préfèrent, synchronisent de manière non-intentionnelle leurs

mouvements à partir du moment où ils observent les mouvements de doigts de l'autre membre de la dyade. Ces travaux montrent que la synchronisation de mouvements ou l'émergence d'autres formes de coordinations entre acteurs ne présupposent pas de compétences cognitives sophistiquées, et peuvent même au contraire constituer une tendance spontanée difficile à éviter (De Jaegher et Di Paolo, 2007). De plus, ces auteurs notent que l'émergence de comportements coordonnés peut s'accompagner de phénomènes d'interruption et de récupération de la coordination. Ils se réfèrent pour cela à un exemple présenté par Kelso (1995) sur la synchronisation du rythme des pas lorsqu'un adulte et un enfant marchent ensemble : compte tenu de leur différence de taille, leur rythme préférentiel de marche est différent, mais on observe malgré tout une tendance à la synchronisation du rythme de leurs pas. Pour marcher ensemble, l'adulte doit en effet de temps en temps réduire son rythme de marche, et l'enfant accélérer le sien. L'interaction (e.g., marcher en restant à proximité) influence ainsi la coordination, et la coordination (e.g., marcher à un même rythme) influence en retour l'interaction.

Les interactions sociales, en tant qu'interactions produisant différentes formes de coordination, affectent l'activité de leurs protagonistes, et donc l'activité de création de significations de ces derniers. La création de significations par les acteurs étant une activité incarnée, De Jaegher et Di Paolo (2007) considèrent que la régulation de couplages sociaux par les acteurs à travers la coordination de mouvements donne lieu à la coordination de création de significations de ces acteurs : « *the sense making of interactors acquire a coherence through their interaction and not just their physical manifestation, but also in their significance* » (De Jaegher et Di Paolo, 2007 p. 12). C'est ce phénomène qu'ils appellent « création participative de significations » (*participatory sense-making*). Selon ces auteurs, plusieurs degrés de création participative de significations peuvent être situés sur un continuum. Le degré le plus faible se manifeste lorsque seule la création de significations individuelle des acteurs est affectée par la dynamique de la coordination. C'est par exemple le cas lors de visioconférences, où le délai de transmission du son et de l'image oblige à une courte pause de la communication entre les tours de parole, ce qui affecte potentiellement la création de significations de chaque acteur par rapport à la conversation en cours, sans que ces délais ne soient produits par les acteurs eux-mêmes. Un degré plus élevé de création participative de significations se concrétise lorsque qu'un acteur A attire l'attention d'un acteur B sur un élément saillant pour lui. Dans ce cas, l'activité de création de signification de B est orientée vers un nouveau domaine de significations convergent avec le monde propre de A. Au plus haut degré de création participative de signification, les acteurs construisent

conjointement de nouvelles significations lors de l'interaction, comme c'est le cas par exemple dans l'illustration donnée par De Jaegher et Di Paolo (2007) de la participation d'un groupe d'acteurs à un jeu de charades.

Le rôle de l'environnement matériel dans l'approche enactive

D'un point de vue théorique, l'approche enactive ne fait pas de distinction entre objets, machines et systèmes mécaniques présents dans l'environnement, et cet environnement lui-même (i.e., ces objets, machines, équipements, etc. sont constitutifs de l'environnement avec lequel l'acteur interagit potentiellement). Froese et Di Paolo (2011) minimisent à cet égard l'intérêt de s'attacher à cette question. Pour ces auteurs, l'impact des objets technologiques sur la cognition est déjà systématiquement étudié depuis des perspectives anthropologiques, justifiant à leurs yeux une intégration de l'anthropologie au sein de l'approche enactive, perspective déjà avancée par Varela (1989).

Hutchins (1995), dans son approche de la cognition distribuée, a montré le rôle joué par les artefacts matériels dans le fonctionnement d'équipages sur des navires de guerre ou au sein du cockpit de pilotage d'un avion. Le cadre théorique de la cognition distribuée a pour spécificité de revendiquer que l'unité d'analyse de phénomènes cognitifs ne peut être définie *a priori*, mais est déterminée par le flux d'informations circulant au sein du système. Dans cette perspective, c'est ce flux d'informations circulant entre des acteurs humains et les dispositifs technologiques et matériels qui permet au système de cognition distribuée (e.g., un « cockpit d'avion ») de fonctionner. Un rôle fonctionnel décisif est ainsi accordé aux artefacts dans l'explication de la cognition, ceux-ci étant qualifiés d'artefacts cognitifs. Cette approche considère en effet que le système composé d'une personne interagissant avec un artefact cognitif possède des propriétés cognitives différentes de celles d'une personne seule (Hutchins, 2010b ; Norman, 1993). Si le cadre théorique de la cognition distribuée a souvent été critiqué comme présentant un caractère désincarné et représentationnel de la cognition, des travaux plus récents de Hutchins marquent une tentative de rapprochement avec les approches incarnées et enactives (2010a ; 2010b). Hutchins (2010b) présente l'analyse de l'activité d'un officier faisant le point sur la position d'un navire à l'aide d'une règle à bras pivotant, à la lumière d'une approche incarnée de la cognition. Il explique que c'est la manipulation du compas à bras par l'officier qui fut à l'origine de la découverte par cet officier de l'origine d'une erreur de calcul sur la position. Toutefois, bien que Hutchins mobilise la notion d'enaction, il semble le faire en lui donnant le sens d'émergence plutôt qu'en associant ce terme aux notions de couplage structurel et de clôture opérationnelle propres à cette approche.

Ces notions sont en revanche explicites pour Malafouris (2013, 2019; 2020) dans son approche « Material Engagement Theory » (MET) qui articule des approches anthropologiques et archéologiques avec les approches enactives et incarnées de la cognition humaine : « *Material-engagement theory focuses on how, in what ways, and through what kinds of processes the evolving embodied plasticity of the human mind becomes embedded and mutually dependent with the plasticity (or stability) of things* » (Malafouris, 2020, p. 5). Dans cette approche, Malafouris (2019) présente les artefacts matériels comme étant dynamiques, perturbateurs, médiateurs, affectant la relation humain-environnement en transformant les modes d'action et de pensée des acteurs. En étudiant la relation de l'humain aux « choses »¹⁴, cette approche se focalise sur les processus d'évolution de l'esprit humain, incarné et plastique, et sur la dépendance mutuelle de celui-ci avec la plasticité des choses. A travers l'exemple métaphorique de l'activité de poterie, cet auteur illustre le processus de co-émergence de l'esprit et de la matière, en présentant comme inséparable le devenir de l'activité et l'expérience du potier de la prise de forme de l'argile : « *It is as if the potter's intentions inhabit the clay and the affordances of clay bring forth the potter's intentions* » (Malafouris, 2019, p. 12). Ihde et Malafouris (2019) soulignent la codétermination de l'humain et des choses qui l'entourent à travers l'utilisation du terme *Homo faber*, non seulement comme fabricant de choses, mais aussi comme étant fabriqué par ces choses.

Ancré dans l'approche enactive, le programme de recherche du Cours d'action (Theureau, 2004a, 2006, 2009, 2015) propose une contribution des objets aux relations entre acteurs, en tant qu'intégrés à « l'interface » de chacun de ces acteurs, par la médiation de laquelle chacun interagit avec son environnement. Ainsi, lorsque des acteurs interagissent, cette interaction ne peut être conçue comme une interaction « directe » entre ces acteurs, mais plutôt comme une interaction entre des acteurs « munis de leurs interfaces », chaque acteur interagissant avec les autres acteurs pour peu que l'activité de ces derniers produise des effets dans « sa situation ». La définition d'interface est la suivante :

« toutes les médiations spatiales et techniques par lesquelles passent les interactions entre les acteurs, immédiatement (vision ou écoute des autres acteurs par un acteur donné) ou médiatement (inscriptions par un acteur à un instant donné qui peuvent constituer des ancrages pour d'autres acteurs à un instant ultérieur, mais aussi les effets de l'action à un instant donné d'un acteur sur la situation, en particulier le

14 Malafouris parle de « things » que nous traduisons par « choses ». Ihde et Malafouris (2019) précisent qu'ils utilisent le terme « things » au sens large « *We use the term 'things' in the broad sense of material forms and techniques—it refers to the materiality of mundane objects, tools and artefacts as much as it refers to modern technologies and new forms of digital culture.* » (Ihde et Malafouris, 2019, p.2).

dispositif technique, qui peuvent être perçus par d'autres acteurs à un instant ultérieur, ce qui fait qu'à la limite, toute la situation peut constituer l'interface d'un collectif). » (Theureau, 2006, p.128).

Cette médiation situationnelle (intégrant les dimensions matérielles, sociales et culturelles des situations) de toute interaction humaine amène Theureau (2006) à prôner un « situationnisme méthodologique » pour l'étude des activités collectives, par distinction avec le « collectivisme méthodologique » inhérent à l'approche de la cognition distribuée de Hutchins (1995), et avec l'« individualisme méthodologique » de l'approche cognitiviste.

C'est à la présentation plus systématique des notions et concepts centraux du programme de recherche du Cours d'action qu'est consacrée la section suivante.

2 Les objets théoriques d'étude de l'activité humaine du programme de recherche du Cours d'action

2.1 Un programme de recherche visant une description symbolique acceptable de l'activité humaine

Le programme de recherche du Cours d'action (Theureau, 2004a ; 2006 ; 2009 ; 2015 ; Theureau et Jeffroy, 1994) s'est construit dans la tradition de l'ergonomie de langue française (Ombredane et Faverge, 1955) selon laquelle les recherches portant sur la conception ou transformation de situations de travail exigent une analyse de l'activité des travailleurs dans des situations réelles. Cette manière d'appréhender l'activité humaine se distingue en ce sens des approches ergonomiques anglo-saxonnes (e.g., *human factors*), privilégiant les recherches en laboratoire et concevant le travail comme l'exécution d'une tâche et l'adaptation à des contraintes préétablies sur la base des ressources physiques et cognitives propres au sujet (de Montmollin, 1997). Cette dernière approche vise l'optimisation de la performance des opérateurs à partir d'études en laboratoires jouant sur des variables isolées, recourant à l'anthropométrie ou à la biomécanique pour fournir des normes et recommandations précises à appliquer sur le terrain (Falzon, 2004). En revanche l'approche du Cours d'action se place dans une perspective visant à comprendre le travail pour le transformer (Guérin, Laville, Dianellou, Duraffourg et Kerguelen, 1997). Plutôt que de considérer l'activité des opérateurs comme l'exécution de plans ou le suivi de procédures, l'approche du Cours d'action considère l'activité humaine comme située (Suchman, 1987 ; Theureau, 2004b) et résultant d'une codétermination de l'action et de la situation des acteurs.

Un programme de recherche empirique visant l'analyse de l'activité sportive en situation réelle

Portant à l'origine quasi exclusivement sur des activités de travail dans l'industrie, les services et l'agriculture, dans le cadre d'une contribution à l'ingénierie des situations de travail, le programme de recherche du Cours d'action s'est étendu à d'autres domaines (e.g., vie quotidienne et ingénierie des produits et des services ; activité des cadres ; activités artistiques et ingénierie culturelle ; activités sportives et technologies de la formation et de l'entraînement sportif). En parallèle, des systématisations successives de ce programme de recherche ont été présentées par Jacques Theureau dans une série d'ouvrages méthodologiques, philosophiques et épistémologiques (Theureau; 2004a ; 2006 ; 2009 ; 2015). Le programme de recherche du Cours d'action comme programme de recherche empirique concerne à la fois l'universel, en termes d'activité humaine dans toute sa généralité, et le spécifique, en termes d'activités particulières, d'acteurs particuliers dans des situations particulières (Theureau, 2006).

Dans le domaine du sport, les recherches empiriques portant sur l'activité d'athlètes à l'entraînement ou en compétition, et s'inscrivant dans le programme de recherche du Cours d'action, sont apparues à la fin des années 1990 et au début des années 2000 (e.g., Saury, 1998 ; Saury, Durand et Theureau, 1997 ; Sève, 2000 ; Hauw, Berthelot et Durand, 2003). L'intérêt initial pour ce programme de recherche dans le domaine du sport fut soutenu par une conjoncture favorable de facteurs scientifiques, épistémologiques et institutionnels (Sève, Theureau, Saury & Haradji, 2012) : (a) la possibilité de développer des recherches collaboratives, accompagnées de visées de conception, transformation et optimisation de l'intervention des praticiens, en réponse aux critiques formulées à l'égard d'une partie des recherches en psychologie du sport, jugées trop éloignées des préoccupations des acteurs de terrain ; (b) la nécessité de repenser le modèle de la rationalité technique en reconnaissant l'expertise des praticiens dans des situations complexes, incertaines et pluridimensionnelles pour développer une relation nouvelle entre savoirs scientifiques et savoirs pratiques (Schön, 1994 ; 2011) ; et (c) un intérêt institutionnel pour la recherche « pour le sport » et non seulement « sur le sport ». En basant son approche sur le primat de l'expérience des acteurs en situation et en proposant les objets théoriques opérationnalisant une approche enactive de la cognition humaine, la fécondité du programme de recherche du Cours d'action dans le domaine du sport concerne à la fois sa contribution à la compréhension de l'activité humaine spécifique au domaine sportif, et à la connaissance générale de l'activité humaine (Sève *et al.*, 2012).

Une description symbolique acceptable de l'activité humaine rendue possible par l'hypothèse de la conscience pré-réflexive

Le programme de recherche du Cours d'action s'attache à produire une « description symbolique acceptable » (Varela, 1989, p. 184) du domaine cognitif des acteurs. Cette notion de description symbolique acceptable est introduite par Varela (1989) comme prise de position épistémologique par rapport aux approches cognitivistes considérant la cognition humaine comme un processus de traitement d'information à partir de symboles supposés représenter le monde réel. Varela distingue la description opérationnelle du vivant, c'est-à-dire l'ensemble des processus produisant et maintenant la structure de l'organisme, et la description symbolique du domaine cognitif des acteurs dont les descriptions opérationnelles issues de la neurophysiologie ne peuvent rendre compte (Theureau, 1992 ; Varela, 1989). Selon Varela, pour que cette description soit acceptable, celle-ci doit être cohérente avec les hypothèses de clôture opérationnelle et de couplage structurel propres aux systèmes vivants, et rendre compte de leur autonomie. Notons au passage qu'en faisant apparaître clairement la distinction entre la description opérationnelle du domaine de structure d'un individu (ou d'un système vivant en général), et la description symbolique acceptable du domaine cognitif de cet individu (ou du domaine consensuel de plusieurs acteurs), Varela (1989) souligne également la complémentarité de ces deux domaines d'explications, qui concernent des niveaux d'organisation de l'activité qui se contraignent mutuellement tout en étant relativement autonomes (Theureau, 1992).

Dans le programme de recherche du Cours d'action la description symbolique acceptable du domaine cognitif de l'acteur s'appuie sur l'hypothèse de la conscience pré-réflexive. La notion de conscience pré-réflexive est présentée par Theureau (2006) comme équivalente à la conscience pré-réflexive décrite par Sartre comme compréhension du vécu :

« La compréhension est un accompagnement muet du vécu, une familiarité de l'entreprise subjective avec elle-même, une mise en perspective des composantes et des moments, mais sans explication, c'est une saisie obscure du sens d'un processus, par-delà ses significations, en d'autres termes, elle est elle-même vécue et je la nommerai pré-réflexive (et non irréfléchie) parce qu'elle apparaît comme un redoublement sans distance de l'intériorisation » (Sartre, 1971, 1972, p. 1544, cité par Theureau, 2006, p. 55).

Theureau note que tandis que le vécu (ou domaine cognitif) d'un acteur renvoie au couplage structurel de cet acteur avec l'environnement, la compréhension du vécu renvoie à

un « effet de surface » de ce couplage structurel (Theureau, 2006). La conscience préreflexive comme compréhension du vécu peut ainsi être reliée à la notion de création de signification (*sense-making*) par un acteur à un instant *t*, ou autrement dit, à l'expérience d'un acteur à un instant *t*. La conscience préreflexive dans le programme de recherche du Cours d'action renvoie à ce qui est à chaque instant pour un acteur « exprimable par le corps (et pas seulement la langue) en situation » (Theureau, 2006, p. 55), c'est-à-dire montrable, racontable et commentable à chaque instant dans le cours d'une activité. C'est l'expression par les acteurs de leur conscience préreflexive qui est en partie visée par les travaux s'inscrivant dans le programme de recherche du Cours d'action, respectant ainsi le primat de l'expérience des acteurs dans l'analyse, en cohérence avec une approche enactive de la cognition.

2.2 Les objets théoriques permettant d'articuler activité individuelle et activité collective

Respecter le primat de l'expérience des acteurs dans l'analyse implique, dans le cadre de recherches portant sur l'activité collective d'acteurs, de mobiliser des objets théoriques permettant d'articuler différents niveaux d'activités en ouvrant une voie moyenne entre le collectivisme méthodologique et l'individualisme méthodologique.

Le situationnisme méthodologique comme voie moyenne entre collectivisme méthodologique et individualisme méthodologique

Le programme de recherche du Cours d'action, en considérant l'activité humaine comme située dans un environnement, une société et une culture, et en cohérence avec l'approche enactive, appréhende l'activité humaine comme individuelle-sociale, c'est-à-dire à la fois individuelle et en relation constitutive avec autrui. Dans le cadre de l'étude de l'activité collective de plusieurs acteurs, cela implique de considérer le collectif comme une « totalité constamment détotalisée » par l'activité des membres de ce collectif. Theureau (2006) se réfère ainsi à la notion de groupe présentée par Sartre (1960) : « *l'unité de groupe est immanente à la multiplicité des synthèses, dont chacune est praxis individuelle, et nous avons insisté sur le fait que cette unité n'était jamais celle d'une totalité faite mais celle d'une totalisation qui se fait par tous et partout* » (Sartre, 1960, p. 432 cité par Theureau, 2006, p. 96). En ce sens, le programme de recherche du Cours d'action se distingue des approches prônant un collectivisme méthodologique. La critique formulée par Theureau envers l'approche de la cognition distribuée de Hutchins (1995) est que cette dernière postule que l'étude de l'activité individuelle est non pertinente, conduisant les chercheurs à se limiter à

l'observation participante de données strictement comportementales concernant un collectif, sans considération pour le point de vue des acteurs. Pour autant, l'approche de l'activité collective dans le programme de recherche du Cours d'action n'est pas non plus celle d'un individualisme méthodologique qui considérerait l'activité collective comme une simple addition ou agrégation d'activités individuelles. Pour penser le collectif, Theureau (2006) s'inspire de la distinction sartrienne entre les collectifs relevant d'une « altérité nature » et les collectifs relevant d'une « altérité culture » (Sartre, 1960). L'altérité nature est illustrée par un regroupement de personnes attendant l'autobus. Ce regroupement est composé d'individus partageant un même espace (e.g., le même trottoir), connaissant les horaires de l'autobus qu'ils attendent. Le collectif se forme à la fois par le partage d'un environnement et par un intérêt similaire. L'altérité culture est illustrée par le fonctionnement d'une équipe de football : « *chaque joueur remplit une fonction singulière, porte un numéro qui le distingue. Mais chacun de ses gestes s'intègre dans ceux de tous ses coéquipiers et en est le prolongement. C'est-à-dire que l'altérité est réadmise au sein du groupe comme « hétérogénéité réglée ». Et c'est le serment¹⁵ qui joue le rôle de règlement* » (Mulatris, 1999, p. 215, cité par Theureau, 2006, p. 98). Cela correspond pour Theureau (2006) à une culture partagée contribuant avec l'altérité nature à la construction de l'activité collective. La critique de Theureau envers l'approche sartrienne du collectif est de ne pas prendre en compte l'histoire des interactions. En conservant l'idée selon laquelle le collectif est composé d'acteurs individuels articulant leurs activités dans une situation particulière, Theureau (2006) propose la notion de situationnisme méthodologique. Le situationnisme méthodologique est présenté comme voie moyenne entre l'individualisme méthodologique et le collectivisme méthodologique. Les objets théoriques de cours d'expérience, de cours d'action, de cours d'in-formation, et de cours de vie relatif à une pratique, permettent de prendre en compte l'activité humaine comme activité autonome, individuelle-sociale et donc cohérente avec l'approche enactive, chaque objet théorique traduisant un niveau différent de description de la dynamique du couplage structurel entre l'acteur et son environnement. L'articulation collective de ces différents objets théoriques permet d'appréhender l'activité collective comme activité « sociale-individuelle » présentant des propriétés propres, et ne se réduisant pas à la simple agrégation de ces mêmes objets théoriques au niveau « individuel-social ».

15 Sartre définit le serment dans les termes suivants : « lorsque la liberté se fait *praxis* commune pour fonder la permanence du groupe en produisant par elle-même et dans la réciprocité médiée sa propre inertie, ce nouveau statut s'appelle le serment » (Sartre, 1960, p. 518 cité par Theureau, 2006, p. 98).

Les objets théoriques visant l'étude de l'activité individuelle-sociale

Nous avons présenté dans les sections précédentes la conscience préreflexive comme une compréhension du vécu par l'acteur, accompagnant le flux de son activité, c'est-à-dire l'ensemble de ce qui est à chaque instant montrable, racontable, commentable par un acteur.

Le cours d'expérience d'un acteur correspond à l'histoire de sa conscience préreflexive. C'est l'expression de cette conscience préreflexive par l'acteur qui est visée par l'enquête empirique visant à documenter le cours d'expérience d'un ou plusieurs acteurs. L'actualisation des possibilités d'expression de la conscience préreflexive par un acteur à un observateur-interlocuteur présuppose de réunir un ensemble de conditions favorables. En effet, si la conscience préreflexive correspond à la part de son activité qui est montrable, racontable ou commentable par un acteur à chaque instant, l'action de montrer, raconter et commenter cette activité constitue pour l'acteur une activité nouvelle. Dans le cadre de travaux de recherches empiriques, les entretiens d'autoconfrontation visent l'expression de la conscience préreflexive des acteurs en considérant que les verbalisations obtenues « *reflètent avec plus ou moins de recouvrement la conscience préreflexive* » (Theureau, 2006, p. 210). Ces entretiens s'inspirent des travaux de Von Cranach (e.g., Von Cranach, Kalbermatten, Indermuble et Gugler, 1982) et visent à remettre l'acteur en situation dynamique en le confrontant à des traces matérielles de son activité, c'est-à-dire aux traces des transformations successives de la situation. Ces traces peuvent consister en des enregistrements audiovisuels avec des caméras filmant l'acteur, ou filmant depuis la perspective de l'acteur (Rix-Lièvre, 2010 ; Theureau, 2010), mais ne s'y limitent pas. Par exemple Rochat (2017) a conduit des entretiens d'autoconfrontation avec des pratiquants de *trail* à partir de cartes et profils altimétriques du parcours ; Theureau (2010) présente une variété de traces mobilisables pour conduire des entretiens d'autoconfrontation.

Le cours d'action d'un acteur correspond à l'activité telle qu'elle ressort de l'expérience de l'acteur et de ses contraintes et effets dans le corps, sa situation et sa culture. Tandis que le cours d'expérience ne porte que sur la construction de l'expérience par l'acteur et peut être décrit de manière homogène en faisant appel à l'expression de la conscience préreflexive de l'acteur, le cours d'action est une « *synthèse de l'hétérogène* » (Theureau, 2006, p. 49) : la description que peut faire un chercheur de l'activité telle qu'elle ressort de l'expérience de l'acteur correspond à la description du cours d'expérience de l'acteur ; en revanche, la description des contraintes et effets ressortant du corps, de la situation, de la culture, est effectuée en s'appuyant, d'une part, sur la conscience préreflexive de l'acteur, permettant d'appréhender le monde propre de cet acteur, et d'autre part, sur les observations

par le chercheur du corps, de la situation, et de la culture partagée par cet acteur avec d'autres acteurs.

Le cours d'in-formation reprend la notion d'« in-formation » proposée par Varela (1989) pour la distinguer de celle d'information des approches cognitivistes. Le cours d'in-formation se réfère à la manière dont l'acteur se « forme de l'intérieur » à partir de ses interactions avec l'environnement. Le cours d'in-formation comprend l'ensemble des phénomènes du domaine cognitif et sa description inclut tous les éléments ressortant du corps, de la situation et de la culture qui sont nécessaires à l'explication de l'activité humaine, tant qu'ils sont pertinents du point de vue de l'organisation interne de l'acteur. Le cours d'in-formation représente la dynamique du couplage structurel entre l'acteur et son environnement c'est à dire le processus conduisant au cours d'expérience comme effet de surface de cette dynamique. Autrement dit, le cours d'in-formation intègre la description d'éléments n'ayant pas donné lieu à expérience pour l'acteur, mais ayant participé au processus de création de cette expérience. Concrètement, un acteur exposé aux rayons du soleil peut faire l'expérience d'être réchauffé par le soleil, ou d'avoir changé de teint suite à cette exposition, mais ne fait pas l'expérience de la production de mélanine par l'épiderme qui rentre néanmoins potentiellement dans le domaine de description du cours d'in-formation.

Le cours de vie relatif à une pratique repose sur l'hypothèse de la cohérence et de l'autonomie relative de l'ensemble des épisodes d'activité relatifs à la pratique qui constituent ce cours de vie, malgré la discontinuité temporelle de ces épisodes. Le cours de vie relatif à une pratique intègre à fois les épisodes d'activité relatifs à la pratique considérée, mais aussi les épisodes d'activité réflexive portant sur cette pratique.

L'articulation collective des cours d'expérience, cours d'action et cours d'in-formation

L'articulation collective de l'activité de plusieurs acteurs correspond au couplage social, ou couplage de troisième ordre dans l'approche enactive. Le collectif ne préexiste pas à l'interaction mais émerge au travers des interactions entre acteurs. Ainsi que nous l'avons déjà souligné précédemment, de la récurrence des interactions émerge une construction participative de significations (De Jaegher et Di Paolo, 2007), ou encore ce que Theureau (2006) appelle une « construction collective de sens commun » (Theureau, 2006, p. 127). Cette construction collective de sens commun correspond à l'articulation des cours d'expérience de plusieurs acteurs, « munis de leurs interfaces » (Theureau, 2006, p. 127), c'est-à-dire à l'ensemble des médiations spatiales et techniques par lesquelles passent ces

interactions. Theureau (2006) souligne que la construction collective de sens commun s'accompagne à chaque instant d'une construction de sens individuel propre à chaque acteur. Le même continuum, présenté par De Jaegher et Di Paolo (2007) avec, sur un pôle, la construction individuelle de significations affectée uniquement par la dynamique des interactions et, sur l'autre pôle, la construction de significations communes au groupe comme résultat de la dynamique des interactions, peut être envisagée ici pour illustrer différents niveaux d'articulation collective de cours d'expérience. De plus, Theureau (2006) propose différents niveaux de description et d'articulation de la dynamique du couplage structurel entre acteurs. Tandis que l'articulation collective des cours d'expériences vise une description de la dynamique du couplage structurel entre acteurs donnant lieu à des expériences plus ou moins partagées par ces acteurs, l'articulation collective des cours d'actions ainsi que l'articulation collective des cours de vie relatifs à une pratique visent la description non seulement de la construction de sens commun, mais aussi des effets et contraintes du couplage social sur les corps, les techniques et la culture. Enfin, de manière générale, l'articulation collective des cours d'in-formation vise une description de la construction du couplage structurel entre les acteurs (entre eux et entre eux et l'environnement).

Dans ce chapitre, nous avons introduit l'approche enactive comme un paradigme reposant sur l'hypothèse de l'autopoïèse qui caractérise le vivant en termes de système opérationnellement clos produisant ses propres composants de manière à conserver sa propre organisation. Cette clôture opérationnelle implique une relation avec l'environnement qui est une relation de codétermination à travers l'histoire d'un couplage structurel. En effet, la clôture opérationnelle de l'organisme implique des échanges avec l'environnement qui transforment celui-ci en même temps qu'ils permettent au système de maintenir sa clôture opérationnelle. L'approche enactive considère que la cognition humaine émerge de ce couplage structurel entre l'organisme et son environnement. Cela implique qu'un acteur, à travers l'histoire de ses interactions avec l'environnement, construit un monde de significations qui lui est propre. Le programme de recherche du Cours d'action vise à appréhender l'activité humaine en y accédant à travers la description du monde propre de chaque acteur (i.e., le cours d'expérience) et du monde consensuel de plusieurs acteurs (i.e., l'articulation collective des cours d'expérience). Le chapitre suivant est consacré à la description de l'observatoire de l'activité humaine mise en œuvre dans le cadre de cette thèse.

CHAPITRE 4 L'observatoire

Ce chapitre est consacré à la description de l'observatoire de l'activité humaine constitué dans le cadre de cette thèse. Nous présentons d'abord la construction des conditions éthiques et contractuelles de la recherche comme une étape nécessaire à la mise en place de collaborations avec les acteurs de la voile volante. Nous présentons ensuite de manière générale les méthodes de recueil et d'analyse des données mobilisées au cours de nos travaux de recherche (les méthodes spécifiques sont détaillées dans les études correspondantes dans la troisième partie).

1 Construction des conditions éthiques et contractuelles de la recherche

1.1 Une intégration sur le terrain ouvrant des opportunités de collaboration

La première étape de construction de conditions propices à la mise en œuvre de la recherche a consisté à découvrir le terrain d'enquête et les acteurs avec lesquels il semblait possible d'établir une collaboration. Nous avons développé quatre collaborations pour construire les données de cette thèse : (a) avec un équipage de l'équipe de France de Nacra 17, (b) avec des équipages du team jeune France de Flying Phantom, (b) avec un moniteur de Flying Phantom Essentiel, et (c) avec un réseau de contacts parmi les acteurs de la voile volante.

Équipage de l'équipe de France de Nacra 17

Notre première incursion sur le terrain de recherche spécifique de notre travail de thèse s'est faite dès le mois de septembre 2017 dans le cadre d'une session d'entraînement d'un équipage de l'équipe de France de Nacra 17. Notre présence sur ce stage d'entraînement fut opportuniste. La demande, initialement adressée par l'entraîneur à notre directeur de thèse, concernait l'analyse *in situ* de l'activité d'un équipage dans le but d'optimiser la communication à bord au sein de cet équipage. Sur la base de cette « force d'appel » (Schwartz, 1998), et ayant l'opportunité de collaborer nous-mêmes à ce travail, nous avons profité de ce séjour pour ouvrir la possibilité d'une collaboration avec cet équipage et son entraîneur, portant sur l'analyse plus globale du fonctionnement conjoint de l'équipage et du bateau, intégrant ainsi les enjeux de recherche de cette thèse. Les objectifs de ce séjour étaient les suivants : (a) présenter à l'entraîneur et à l'équipage les méthodes de travail que nous pourrions mobiliser pour que la collaboration soit productive à la fois sur le versant

scientifique et sur le versant pratique ; (b) réaliser une première observation de l'activité de l'équipage en navigation sur ce support que nous ne connaissions pas ; (c) obtenir une vision plus concrète du type de données audiovisuelles et mécaniques que nous pourrions mobiliser dans l'observatoire ; (d) familiariser l'équipage avec les types d'interventions que nous pourrions mettre en place et notamment le format d'entretiens que nous pourrions mobiliser ; et (e) nous familiariser avec les principaux acteurs gravitant autour de la navigation volante sur catamarans de sport. Ce séjour nous a permis de nous confronter aux difficultés techniques inhérentes au terrain d'étude (notamment à la difficulté à obtenir des enregistrements audio-visuels de qualité à partir d'un bateau suiveur). Nous avons également réalisé un premier entretien avec l'équipière afin de la familiariser avec la méthode de l'entretien d'autoconfrontation. Notre séjour a duré deux jours à l'issue desquels nous avons atteint les objectifs fixés : l'équipage et l'entraîneur ont exprimé leur intérêt pour s'engager dans le projet, et nous ont invité à participer à une session d'entraînement prévue le mois suivant avec ce même équipage de Nacra 17. C'est au cours de cette session que nous avons construit les données de l'Étude 2 et une partie des données de l'Étude 3.

Équipages du Team France Jeune Flying Phantom

Cette collaboration a débuté en janvier 2018 avec le groupe de jeunes régatiers sélectionnés pour représenter la France à la Youth America Cup (Coupe de l'America des jeunes), et qui s'entraînaient en Flying Phantom à l'ENVSN. Notre intégration à ce groupe fut le fruit de discussions avec l'entraîneur du groupe que nous avons côtoyé lors de notre travail avec l'équipage de Nacra 17. Cet entraîneur, intéressé par nos méthodes de recherche, nous proposa dans un premier temps de suivre un équipage en Flying Phantom au cours de la saison 2018. Nous avons pu continuer cette collaboration début 2019 en suivant un second équipage.

Moniteur de Flying Phantom Essentiel

Nous avons contacté le Club Nautique de la Baule le Pouliguen Pornichet (CNBPP) en Septembre 2018 après l'avoir identifié comme un acteur important dans le développement de la pratique de la voile volante auprès du grand public. En effet, ce club a été pionnier dans l'introduction de la pratique de la voile volante et plus particulièrement du catamaran volant au sein de sa structure (e.g., Ouest France, 2018). Une prise de contact téléphonique avec le chef de base et une première rencontre avec le moniteur en charge des initiations sur catamaran volant nous ont permis de mettre en place une première collaboration autour de

deux objectifs : (a) sur le versant scientifique, analyser l'activité d'un équipage présentant une grande dissymétrie de compétence (e.g., moniteur expérimenté et stagiaire débutant en catamaran volant) ; (b) sur le versant pratique, produire un compte-rendu vulgarisé de nos observations pouvant ensuite servir de base de référence dans une perspective de formation de moniteurs.

Un réseau de contacts parmi les acteurs de la voile volante

Nous avons construit tout au long de notre travail de thèse un réseau de contacts parmi les acteurs de la voile volante. Une partie de ce réseau préexistait à notre travail de recherche et avait été construit à travers notre pratique antérieure de sports nautiques. Ce réseau c'est enrichi progressivement à travers les rencontres lors d'événements réunissant des acteurs de la navigation volante, auxquels nous avons participé, souvent avec la double « casquette » de doctorant réalisant un travail de thèse sur la voile volante, et de pratiquant expert prenant part à l'événement dans le cadre d'une activité sportive personnelle. C'est au sein ce réseau de contact que nous avons pu identifier et sélectionner les participants à l'Étude 1.

1.2 Des interventions du chercheur respectant la primauté des objectifs pratiques

Chacune de nos interventions sur le terrain était basée sur le principe de la primauté des objectifs pratiques, c'est-à-dire en adoptant une ligne de conduite accordant une priorité aux objectifs et contraintes des pratiquants, et faisant en sorte que les exigences de la recherche ne puissent en aucun cas constituer une gêne à l'entraînement ou au travail en cours.

Une adaptation de nos interventions aux contraintes inhérentes à l'entraînement sur voiliers volants

Sur ces catamarans volants, un vent trop fort met en danger le bateau et l'équipage. A *contrario*, un vent trop faible, s'il permet de naviguer, ne permet pas de voler. Les entraînements sont planifiés en termes de logistique (équipages présents, encadrement), mais le contenu de la séance et son horaire sont décidés au mieux quelques jours avant celle-ci (lorsque les prévisions météorologiques le permettent), et souvent au dernier moment (suivant l'évolution des conditions météorologiques). Nos interventions auprès des athlètes présupposaient donc de nous adapter au mieux aux changements d'horaires, notamment pour réaliser les entretiens d'autoconfrontation en identifiant les créneaux favorables sans

contraindre le temps que doivent dédier les athlètes à la navigation, ni celui destiné à la préparation et à l'entretien du matériel.

Au niveau du matériel utilisé pour les recueils des données embarquées, compte tenu de la vitesse des bateaux, de leur fragilité, et des risques corporels et matériels encourus par les sportifs en cas de dessalage violent, nous avons porté une attention particulière à la sécurité, et accepté strictement les conditions qui nous ont été imposées. Par exemple, nous avons sollicité l'entraîneur et les athlètes pour savoir s'il serait possible d'installer des caméras de type « GoPro » sur les casques des régatiers. Tandis que les athlètes n'y voyaient aucun inconvénient, l'entraîneur a exprimé des doutes en termes de garanties de sécurité. Nous n'avons donc pas eu recours à ce type de prises de vues avec les athlètes.

Concernant les enregistrements depuis le bateau suiveur (de type hors-bord semi-rigide), la position que nous avons adoptée pour la plupart des enregistrements était de nous tenir debout à l'arrière du semi-rigide en nous accrochant au mât servant de support à la caméra de l'entraîneur. Cette position nous permettait d'une part, d'assurer notre sécurité (i.e. limiter le risque de se faire éjecter du zodiac par les mouvements parfois violents lors de manœuvres et passages de vagues), et d'autre part d'obtenir une qualité d'image satisfaisante pour les analyses et entretiens d'autoconfrontation.

Une participation volontaire à des tâches logistiques

Chaque fois que cela était possible, nous aidions à remonter les bateaux sur la cale de mise à l'eau avec les athlètes, à réaliser des navettes pour aller chercher le bateau de l'entraîneur à son port d'attache, ou à relever les bouées en fin d'entraînement. En plus de participer à notre intégration au groupe, ces tâches nous ont offert des opportunités d'échanges informels « à chaud » avec les athlètes ou avec l'entraîneur, comme par exemple lors de la remontée du bateau sur la cale, qui était un moment privilégié pour identifier avec les athlètes les périodes de la séance qui avaient été les plus saillantes de leur point de vue et anticiper la sélection de séquences lors des entretiens d'autoconfrontation.

1.3 Des interventions du chercheur productives pour le système d'aide à la performance

Nous nous sommes engagé après des athlètes et entraîneurs à leur fournir des « retours à chaud » dans les trois semaines suivant les recueils de données (voir les exemples présentés en Annexe 3). Ces retours à chaud correspondent à ce que Veyrunes, Bertone et Durand, 2003 qualifient de deuxième restitution (la première restitution de données consiste en la mise à disposition des enregistrements vidéo). Ces retours à chaud participent à ce que Saury (2003)

qualifie de « boucle courte », ou encore « boucle de la confiance ». Il s'agissait de transmettre aux athlètes et aux entraîneurs nos premières impressions à partir d'une préanalyse des données sur un document court de quelques pages associant des interprétations de notre point de vue de chercheur, des interrogations et des formulations de pistes de réflexion. Suite à ces retours, les acteurs concernés nous ont adressé des emails de remerciement, ou ont initié des discussions informelles témoignant de leur intérêt pour ces retours, confirmant que ces derniers reflétaient bien leur activité. Par exemple, le retour à chaud communiqué au moniteur du CNBPP a servi de base à ce dernier pour réaliser une présentation de son activité de moniteur lors du « Foiling workshop » de l'ENVSN en Janvier 2019. Dans un retour à chaud suite à un recueil de données avec l'équipage de Nacra 17, nous avons constaté l'importance attribuée *a priori* par l'équipage aux sensations « dans les pieds » pour percevoir les variations de hauteur du bateau, ce qui a suscité une réflexion de la part l'entraîneur sur le type de chaussures ou bottillons devant être utilisés par l'équipage. Parallèlement, la rédaction de ces retours à chaud permettait de mettre en regard nos connaissances à l'état émergent (i.e., avant une analyse approfondie) partiellement incluses dans ces retours, avec les commentaires des acteurs (athlètes et/ou entraîneurs) à qui ces retours étaient destinés. Cette « boucle courte » s'est aussi concrétisée avec l'équipage de Nacra 17 par un entretien collectif au cours duquel nous avons discuté autour d'une présentation de résultats préliminaires, qui ont ensuite donné lieu à la publication d'un article (Terrien, Huet, Iachkine et Saury (2020)). Cette discussion nous a permis de vérifier la cohérence entre ces résultats préliminaires et le regard que portait l'équipage sur son activité.

2 Méthodes de recueil de données

2.1 La base ethnographique de l'observatoire

La base ethnographique de l'observatoire fut constituée en prenant appuis sur trois activités complémentaires : (a) une appropriation pratique des techniques de navigation sur différents supports volants ; (b) des séjours auprès d'équipages de voile volante au cours des recueils de données ; (c) une participation à des événements et conférences portant sur la voile volante. A travers ces trois activités, nous avons développé ce que Sanjek (1990) appelle des « *headnotes* » c'est-à-dire des souvenirs, des notes incorporées pouvant ensuite dialoguer avec, ou de mettre en perspective, les autres types de données recueillies sur le terrain.

Une appropriation pratique des techniques de navigation sur différents supports volants

Notre première expérience de navigation sur supports volants date de 2016 avec la pratique du Windfoil. En 2017 nous avons été parmi les pionniers de la pratique du Surffoil et SUPfoil, ce qui nous a valu en 2018 d'être invité aux côtés de 10 autres références mondiales de la discipline à participer à la première édition de la Molokai2Oahu (Hawaii) ouverte aux SUPfoils. Ces expériences nous ont amené à produire du contenu technique sous forme de vidéos « tutoriels » (Terrien, 2017a) ainsi de des récits d'expériences destinés à la presse spécialisée (e.g., Terrien, 2018).

En parallèle nous avons également débuté la pratique du Kitefoil en 2017 et de la discipline naissante le « Wingfoil » en 2019. Nous avons documenté de manière sporadique certaines de ces expériences (voir Annexe 4 pour un « bilan personnel » rédigé après nos premières expériences de Kitefoil).

De plus, nous avons eu l'opportunité de naviguer sur différents bateaux volants en solitaire et en équipage à quatre occasions au cours de cette thèse : en avril 2018 en Flying Phantom Elite, en Whisper et en Waszp lors des Foil journées de l'ENVSN ; en novembre 2018 en F101 dans le cadre d'un Foiling Workshop ; en mars 2019 en F101 et en Flying Phantom Essentiel dans le cadre de la Formation de la Ligue des Pays de la Loire, au cours de laquelle nous présentions nos travaux ; et en avril 2019 en Foiling Dinghy dans le cadre des Foils journées de l'ENVSN. A l'issue de chacune de ces navigations nous avons rédigé un compte-rendu d'expérience documentant notre vécu (voir Annexe 4 pour des exemples). Nous avons documenté les navigations de novembre 2018 et mars 2019 en F101 avec une caméra GoPro fixée sur notre casque.

A travers ces différentes expériences de navigation nous avons rempli un double objectif. En premier lieu nous avons pu tester en pratique et « par corps » la diversité des configurations de foils actuellement utilisées : les foils en T avec asservissement (e.g., Waszp, F101, Whisper), les foils en T avec stabilisateur (Windfoil, Kitefoil, Wingfoil, SUPfoil, Surffoil) ; les foils en Z (Flying Phantom Essentiel, Nacra 17) ; les foils en V (Flying Phantom Elite). A partir de notre habitude de navigation sur des foils en T avec stabilisateur, l'essai d'autres types de foils nous a permis de ressentir les similitudes entre ces différents supports en termes de sensations (e.g., les sifflements, les vibrations pouvant apparaître, les accélérations et décélérations propres à ces supports, les variations de hauteur et les décrochages, la tension de barre, et la tension dans les écoutes). Nous avons également pu construire des connaissances pratiques liées à l'architecture des foils et à leurs différents réglages. Cet engagement sur notre terrain de recherche se rapproche de la notion de participation observante (Soulé, 2007 ; Wacquant, 2002) comme par exemple lors de l'essai

du Flying Phantom Essentiel au cours duquel nous avons occupé la place d'un « stagiaire » le temps d'une navigation. Cependant, même dans ce cas, le moniteur nous connaissait en tant que chercheur, pour avoir déjà collaboré avec nous sur un recueil de données, et également en tant que pratiquant de foil sur d'autres supports. De plus, à aucun moment nous n'avons cherché à « jouer » le rôle d'un stagiaire, notre objectif principal à ce moment-là étant de nous approprier des techniques de navigation et de contrôle du vol sur ce bateau.

Des séjours auprès d'équipages de voile volante au cours des recueils de données

Le deuxième axe de notre activité ethnographique a consisté à passer du temps avec les équipages en marge des recueils de données. Concrètement pour chaque recueil de données réalisé à l'ENVSN nous nous sommes joint aux équipages sur les temps consacrés à la restauration et avons été logé dans les mêmes bâtiments. Nous avons aussi pour habitude de passer du temps avec les équipages dans la zone où étaient entreposés les bateaux et où travaillaient les équipages pour modifier des réglages sur le grément, changer des bouts, personnaliser l'organisation du plan de pont. Souvent nous proposons notre aide lorsqu'il s'agissait par exemple de basculer un bateau sur une coque pour travailler sur le mât. Durant ces périodes, nos échanges avec les équipages allaient de simples conversations ordinaires à des discussions sur des thèmes techniques de réglages du bateau. Les équipages profitaient également de ces moments pour revenir sur des anecdotes vécues au cours de régates ou d'entraînements. Durant ces périodes, notre position de chercheur était celle de « chercheur-pair ». Nous restions en effet dans notre rôle de chercheur, posant des questions visant à approfondir nos connaissances sur les détails du fonctionnement du bateau, surtout lors de nos premiers séjours, et pair dans la mesure où nous étions nous-même parfois interrogé par les équipages sur nos pratiques volantes, différentes de la leur, nous amenant à discuter de manière technique mais informelle des similarités et différences entre les différents supports.

Des participations à des événements et conférences portant sur la voile volante

Le troisième axe de notre activité ethnographique de l'observatoire a consisté en notre participation à des événements et conférences portant sur la voile volante. Nous avons ainsi participé en 2017, 2018 et 2019 aux Foils Journées de l'ENVSN. Cet événement combine des journées dédiées au test de matériel (planches et bateaux volants) et des régates. Notre participation à ces événements fut active puisque nous étions sollicité par les organisateurs pour représenter les activités SUPfoil et Surffoil, pour lesquelles nous avons conduit des initiations et démonstrations. De plus, comme évoqué plus haut, nous avons profité de notre

présence sur ces événements pour tester différents types de bateaux. Concernant les conférences, nous avons assisté en 2018 et 2019 à la « Foil Racing Conference », une conférence qui réunissait les principaux acteurs de la voile volante en Bretagne autour de présentations et tables rondes sur des sujets tels que les enjeux économiques de développement de ces activités, l'évolution des formes des foils et des bateaux volants, etc. La présentation de travaux de recherches portant sur l'hydrodynamique des foils et des coques était également au programme de cette conférence.

Dans l'ensemble, cette activité ethnographique a contribué à la constitution d'un large réseau de connaissances parmi les pratiquants et praticiens pionniers de la voile volante : coureurs, entraîneurs, concepteurs. Notre implication à titre personnel dans la pratique et le développement de sports nautiques (antérieur à notre travail de thèse), puis dans la pratique et le développement d'activités nautiques volantes (en parallèle à notre travail de thèse) a contribué à nouer des contacts avec ce réseau d'acteurs avec qui nous partageons une base culturelle commune.

2.2 Les recueils de traces de l'activité de navigation

Le recueil des traces continues de l'activité des acteurs en navigation répondait à trois objectifs essentiels : le premier était de fournir des données audiovisuelles sur lesquelles s'appuyer pour aider les navigateurs à se remettre en situation lors des entretiens d'autoconfrontation ; le second était de constituer des données comportementales sur les mouvements de l'équipage (avec les enregistrements audiovisuels) et sur les mouvements du bateau (avec diverses mesures mécaniques) ; le troisième était de constituer des données nécessaires aux rétrodictions dans la documentation des cours d'expérience des athlètes (Theureau, 2006 ; Veyne, 1971). La rétrodiction consiste à reconstruire une histoire en réalisant des inférences se basant sur la connaissance d'événements analogues ayant pu être documentés. Dans le cadre de la documentation des cours d'expérience, ce type d'inférence permet d'affiner la reconstruction du cours d'expérience malgré l'incomplétude de l'expression de leur conscience préreflexive par les acteurs au cours des entretiens.

Recueil de données audiovisuelles

Le recueil de données audiovisuelles fut systématique chaque fois que nous avons étudié l'activité d'équipages de catamarans volants sur l'eau lors d'entraînements (études 2 et 3). Le dispositif minimal consistait en une caméra mobile à bord du bateau de l'entraîneur, celui-ci suivant le voilier dans l'axe du tableau l'arrière. L'avantage de cet angle de vue est

d'avoir une bonne vision extérieure des mouvements latéraux du bateau et de ses montées descentes sur les foils. Lorsque les conditions le permettaient et que l'entraîneur pouvait se rapprocher du voilier, cet angle de vue permettait également d'identifier certaines actions du barreur sur le charriot de grand-voile. L'une des limites de cet angle de vue est qu'il rend difficile la perception des déplacements longitudinaux de l'équipage. Par ailleurs, cet angle de prise de vue ne pouvait être conservé sur toute la durée de l'entraînement, car il était subordonné à l'activité de coaching de l'entraîneur, lui imposant parfois de s'éloigner d'un équipage pour se rapprocher d'un autre, ou d'aller mouiller des bouées en s'écartant de la flotte. Cette caméra enregistrait également, chaque fois que cela fut possible, les conversations à bord du voilier. Pour cela, nous avons relié à la caméra le dispositif de communication bluetooth intégré aux casques de l'équipage. Les enregistrements extraits de cette caméra sont ceux que nous avons utilisés quasi-systématiquement pour conduire les autoconfrontations. L'autre angle de caméra que nous avons mobilisé pour l'Étude 2 et dans certains cas de l'Étude 3 permettait d'obtenir une vision plongeante depuis le mât sur l'équipage, grâce à une caméra installée sur un support conçu par l'entraîneur et l'ingénieur de l'ENVS. Ce support permettait à l'équipage d'installer la caméra à la hauteur des barres de flèche du mât sans avoir à se hisser le long du mât ni à mettre le bateau sur le flanc pour y accéder, qui sont deux manœuvres périlleuses. Le support consistait en une coque en PVC imprimée en 3D en forme de demi-tube épousant la forme du bord d'attaque du mât. Ce support était « clipsé » sur le mat à l'aide d'une perche. Cet angle de vue permettait d'avoir une vision précise des mouvements longitudinaux de l'équipage et de ses différentes actions sur les commandes.

Recueil de mesures embarquées

Les recueils de mesures embarquées visaient à décrire les mouvements du bateau en navigation. Tandis que sur certains bateaux, en course au large notamment, l'électronique est au service de la performance (e.g., Douguet, 2015 ; Goulven, 2010), sur les catamarans de sport l'utilisation de systèmes électroniques se limite principalement à des GPS portatifs (e.g., Velociteck) et aucun système de mesure n'est intégré au bateau. De même, tandis que d'autres disciplines nautiques ont développé des systèmes de mesure (e.g., Powerline, Peach Innovation en aviron) faciles à installer et utilisables en routine d'entraînement par les équipages de haut niveau (Barré et Gossé, 2007) et dont les données recueillies peuvent être mobilisées dans des travaux de recherche (e.g., Saury *et al.*, 2010 ; R'kiouak *et al.*, 2016), il

n'existe pas à ce jour de système de mesure adopté de manière systématique par les navigateurs de catamaran de sport.

De manière systématique nous avons recueilli les données de vitesse et de trajectoire du bateau avec des systèmes GPS. Dans le cadre de l'Étude 2 nous avons également recueilli des données sur les assiettes latérales et longitudinales du bateau grâce à une centrale inertielle. Tout comme pour le recueil de données audiovisuelles, le choix des instruments de mesure et de leur installation était guidé par notre préoccupation de faire en sorte qu'ils soient le moins intrusifs possible, qu'ils ne gênent pas l'activité des équipages ni ne pénalisent leurs performances. Pour les recueils de données en Nacra 17 nous avons profité de l'acquisition par l'équipe de France de centrales d'acquisition Yachbot (Igtimi) permettant d'obtenir des données sur les variations d'assiette du bateau, sa vitesse et sa trajectoire. Les recueils de données en Flying Phantom ont été limité à des relevés GPS permettant d'enregistrer la vitesse et la trajectoire du bateau.

2.3 Des formats d'entretien adaptés à une étude multi-niveaux

Nous avons mobilisé deux formats d'entretien dans cette thèse : (a) des entretiens que nous avons qualifiés « d'entretiens de partage d'expérience » ; et (b) des entretiens d'autoconfrontation.

Les entretiens de partage d'expérience

Les entretiens de partage d'expérience ont été mobilisés pour l'Étude 1. Il s'agit d'un format d'entretien *ad hoc*, que nous avons conçu afin de favoriser l'expression de la culture propre de pratiquants et praticiens de voile volante, autrement dit la verbalisation de connaissances issues des expériences passées de ces acteurs relatives à cette pratique. Il s'agissait de susciter un discours adressé à un interlocuteur pouvant être considéré comme un « pair enquêteur » : pair pour avoir développé lui-même une expertise pratique dans le domaine de la navigation sur des supports à foils ; enquêteur pour avoir été formé aux techniques d'entretiens compréhensifs, d'explicitation et de remise en situation dans le cadre de recherches antérieures, conduites dans le programme de recherche du Cours d'action (Terrien, 2016, 2017b). Par ailleurs nous étions familiers des acteurs participant à ces entretiens pour les avoir côtoyés dans diverses situations liées à la pratique de la voile volante : dans le cadre de recueils de données *in situ* pour cette même thèse ; dans le cadre de notre participation à des événements tels que les « Foils Journées ENVSN » ; ou dans le cadre de notre pratique sportive personnelle. Ces caractéristiques nous ouvraient la possibilité de

maximiser les bénéfices du jeu proximité/distance dans la construction des données (Theureau, 2006). Il s'agissait en effet de faciliter l'expression par les participants de dimensions non-triviales de leur pratique avec leur propre vocabulaire technique, tout en effectuant des relances permettant d'obtenir la plus grande finesse possible du grain de description par les participants des actions et situations auxquelles étaient indexées leurs connaissances. Ces entretiens combinaient deux techniques de relances complémentaires :

- d'une part des relances inspirées de la méthode de l'entretien d'explicitation (Vermersch, 1994), visant la description de situations singulières, précisément spécifiées et contextualisées, mais qui étaient typiques, du point de vue des acteurs, des différents états de stabilité de vol. La notion de situations typiques renvoie aux situations qui, parmi un ensemble de situation vécues par ces acteurs, sont celles qui de leur point de vue étaient particulièrement représentatives d'une catégorie de situations, et dont elles constituaient un « prototype » (Rosch, 1978) ;

- d'autre part, des relances orientées vers des questionnements relevant davantage du discours technique propre à cette activité. Le détail de la conduite de ces entretiens est présenté dans le chapitre 5 (Étude 1). Nous avons conduit ces entretiens avec des acteurs spécialistes de divers supports volant : Skiffoil, Catafoil, Windfoil, et Kitefoil.

L'enregistrement de ces entretiens a été réalisé avec un dictaphone.

Les entretiens d'autoconfrontation

Les entretiens d'autoconfrontation visaient la description rétrospective dans les délais les plus courts possibles de situations vécues au cours de sessions de navigation, particulièrement significatives pour les acteurs dans le cours de leur activité de contrôle de la stabilité de vol du voilier. Ce type d'entretien, inspiré des travaux de Von Cranach, Kalbermatten, Indermuble, et Gugler (1982) est mobilisé dans le programme de recherche du Cours d'action comme méthode privilégiée d'expression de la conscience pré-réflexive (Theureau, 2006). Il s'agit de confronter un acteur à des traces de son activité passée (e.g., enregistrements audiovisuels) pour l'amener à évoquer et « revivre » la situation, et à la décrire sans l'analyser. De façon analogue aux principes de l'entretien d'explicitation, il s'agit de favoriser l'expression de ce qui a été vécu au moment où cela a été vécu, et une position de « parole incarnée » (Vermersch, 1994), plutôt que de provoquer une activité réflexive analytique et distanciée portant sur les situations observées.

Au cours de ces entretiens, le chercheur procédait à de fréquentes relances. Celles-ci visaient à (a) obtenir le grain de description le plus fin possible de leur activité et de leur

« monde propre » de la part des acteurs, en leur demandant des précisions sur leurs préoccupations, attentes, perceptions, actions, communications, focalisations, interprétations, émotions, à chaque instant évoqué, et (b) inciter les acteurs à se « remettre en situation » lorsque le discours glissait de la description à l'analyse, avec une relance du type « mais à ce moment-là précisément, que faisais-tu ? ». Lorsque cela était nécessaire, le chercheur ou l'acteur pouvait effectuer un arrêt sur image ou un retour en arrière, pour laisser le temps à l'acteur de verbaliser son expérience à cet instant. Les entretiens d'autoconfrontation furent enregistrés avec une caméra pointée vers l'écran sur lequel s'affichait l'enregistrement audiovisuel servant de support à l'autoconfrontation. Cette mise en place permettait de coupler les images *in situ* commentées lors de l'entretien avec les commentaires rétrospectifs de l'acteur (figure 3).



Figure 3. Photo illustrant la mise en place d'un entretien d'autoconfrontation

Les enregistrements audio-visuels utilisés lors de ces entretiens étaient sélectionnés de la manière suivante : (a) une première sélection de situations d'intérêt pour l'objet d'étude était réalisée *in situ* par le chercheur, en enregistrant de manière prioritaire les séquences de vol ou de transitions entre vol et non vol, et en omettant les situations ne présentant *a priori* pas d'intérêt pour notre objet d'étude (e.g., vent trop faible ou long bord de près), et (b) à l'issue de la navigation, il était demandé aux équipages s'ils avaient vécu des expériences saillantes au cours de la navigation sur lesquelles ils souhaitaient revenir au cours d'une autoconfrontation. Lorsque les navigateurs indiquaient une séquence particulière sur laquelle ils souhaitaient que soit conduite l'autoconfrontation, nous focalisions une partie de l'autoconfrontation sur cette séquence. Lorsque les équipages n'indiquaient pas *a priori* de

séquences particulièrement saillantes sur lesquelles conduire l'autoconfrontation, nous leur proposons différentes séquences qui nous avaient semblées saillantes de notre point de vue d'observateur afin de décider avec l'équipage sur quelles séquences focaliser l'autoconfrontation. Les séquences sélectionnées étaient systématiquement présentées de manière chronologique (i.e., les séquences concernant le début de la navigation avant les séquences concernant la fin de la navigation).

3 Principes d'analyse des données

3.1 Une sélection de cas à analyser à l'interface d'enjeux scientifiques et d'optimisation de la performance

Nous avons opté dans notre travail de thèse pour une démarche d'analyse des données fondée sur la méthodologie des études de cas (Yin, 2013). Ce choix repose sur deux justifications principales. D'une part, une étude de l'activité humaine en situation, que ce soit en termes d'activité individuelle-sociale ou sociale-individuelle, qui respecte l'autonomie des acteurs, doit nécessairement prendre en considération la singularité des significations construites par ces acteurs à chaque instant de l'histoire de leur activité. D'autre part, l'activité de ces acteurs étant indissociable du contexte, des contingences situationnelles, et des événements survenant à chaque instant, une étude de l'activité de contrôle ou de maintien de la stabilité de vol par ces acteurs doit nécessairement spécifier précisément ces conditions contextuelles qui sont co-dépendantes de cette activité.

La sélection des cas : des participants aux situations

Les études conduites dans cette thèse peuvent être considérées comme des études de cas « instrumentales » (Baxter & Jack, 2008). Selon ces auteurs, une étude de cas est instrumentale lorsqu'elle possède les caractéristiques suivantes :

«[it] is used to accomplish something other than understanding a particular situation. It provides insight into an issue or helps to refine a theory. The case is of secondary interest; it plays a supportive role, facilitating our understanding of something else. The case is often looked at in depth, its contexts scrutinized, its ordinary activities detailed, and because it helps the researcher pursue the external interest. The case may or may not be seen as typical of other cases » (Baxter et Jack, 2008, p. 549).

Ces études visaient en effet, à partir d'une sélection de cas dans notre corpus à mieux appréhender l'activité d'humaine en interaction avec un système mécanique, tout en contribuant à des discussions théoriques portant sur l'approche enactive de telles interactions.

Cette thèse est composée de trois études, chacune reprenant de façon particulière cette méthodologie des études de cas instrumentales.

L'Etude 1 porte sur l'analyse des connaissances de pratiquants et praticiens de la voile volante. Cette étude vise à explorer les similarités et différences de la culture propre de différents acteurs de la voile volante. Les participants à cette étude ont été sélectionnés à partir de leurs caractéristiques en tant que « pionniers » dans leur champ d'expertise relatif à la voile volante. Dans cette étude, chaque entretien de partage d'expérience peut être considéré comme un cas, dont nous avons analysé le contenu.

L'Etude 2 a porté sur un cas très spécifique qui a été analysé en profondeur, celui d'un long bord de reaching en Nacra 17. Le choix de l'analyse de ce cas parmi d'autres cas de notre corpus fut guidé par des considérations de deux ordres. D'une part, ce bord de reaching a été vécu par l'équipage comme le plus significatif dans leur expérience au cours de la navigation en termes de difficulté à maintenir un vol stable. D'autre part, l'analyse de cette séquence de navigation particulière pouvait être documentée par de riches données recueillies de façon systématique au cours de cette navigation (i.e., centrale inertielle, deux angles de caméra, verbalisations *in situ* des navigateurs) et par des entretiens d'autoconfrontation approfondis.

L'Etude 3 a consisté en une étude de cas multiples (Baxter & Jack, 2008). Dans cette étude, chaque cas fut sélectionné pour sa complémentarité avec les autres cas sélectionnés, l'analyse de chaque cas présenté révélant un phénomène particulier d'organisation de l'équipage et de relation avec le bateau.

3.2 Le traitement des enregistrements audiovisuels

Retranscription des enregistrements audiovisuels des entretiens

Les entretiens ont été retranscrits manuellement grâce au logiciel Transana. Un repère temporel (*timecode*) fut inséré à chaque tour de parole. Celui-ci nous a permis lors de l'analyse de revenir directement sur chaque portion d'enregistrement, en cas de doute sur le sens à donner à une phrase (e.g., « il y a plus de vent » peut correspondre à « il y a davantage de vent », ou bien à « il n'y a plus de vent »). Dans ce cas, l'intonation de la voix et la possibilité de visualiser le moment de la vidéo en train d'être décrit, permettait d'interpréter la phrase dans son contexte.

Traitement des enregistrements audiovisuels in situ lors des sessions de navigation

Les enregistrements audiovisuels réalisés *in situ* lors des sessions de navigation ont été traités de la façon suivante : (a) retranscription des verbalisations de l'équipage ; (b) description des comportements saillants de l'équipage ; (c) description des mouvements du bateau

Ces retranscriptions et descriptions ont été réalisées manuellement à l'aide du logiciel Transana. La qualité du traitement des enregistrements fut directement dépendante du type et de la qualité des enregistrements. Concernant les verbalisations *in situ* de l'équipage, la qualité des enregistrements fut suffisante pour retranscrire la majeure partie de ces verbalisations chaque fois que les équipages utilisaient le système de communication bluetooth intégré à leurs casques, que nous pouvions le coupler à nos caméras. Concernant la description des mouvements du bateau, nous avons rapporté les décollages, atterrissages, décrochages et forts coups de gîte ou contre-gîte. Concernant les comportements de l'équipage nous avons décrit les mouvements de grande amplitude tels que de grands déplacements ou de grands border/choquer. Dans certains cas, lorsque la caméra placée sur le mât le permettait, nous avons également décrit certaines actions sur les réglages (e.g., modification du rake, reprise d'une écoute de foc).

3.3 L'analyse sémiologique de l'activité des équipages

L'analyse sémiologique de l'activité des équipages repose sur l'hypothèse de l'activité signe. Cette hypothèse rend opératoire, dans le cadre de l'analyse de l'activité humaine, les deux hypothèses de substance du programme de recherche du Cours d'action que sont l'hypothèse de l'enaction et l'hypothèse de la conscience préreflexive que nous avons développé dans le Chapitre 3. En effet, selon Theureau (2006, p. 253) : « *pour décrire l'activité humaine (...) il nous faut rechercher une phénoménologie qui considère toute l'activité et donne une place importante sinon centrale à une notion de signe, une phénoménologie liée étroitement à une sémiotique.* » Et il ajoute : « *Afin de préciser un tel langage de description de l'activité humaine qui à la fois considère la signification et la conscience et soit respectueux de l'autonomie des acteurs, ainsi que les hypothèses générales empiriques qu'il traduit, il nous faut donc aller chercher du côté de la sémiotique* ». C'est à partir d'une réinterprétation de la triade du signe peircéen – Objet (possible) – Representamen (Actuel) – Interprétant (Virtuel) (Peirce, 1978) que Theureau a développé la notion de signe triadique (1992, ou tétradique dans Theureau, 2004a) puis hexadique (Theureau, 2006). Ainsi, selon cette hypothèse, l'activité d'un acteur donnant lieu à expérience peut être décrite comme une concaténation de signes plutôt que comme une « *intuition* », et/ou une « *suite*

d'opérations mentales », et/ou une « *logique sans signes* » (Theureau, 2015, p. 4). Les six composantes du signe hexadique sont les suivantes :

- E : *l'engagement dans la situation*. Cette composante traduit l'hypothèse d'une téléologie sous-jacente issue de toutes les interactions asymétriques passées. Elle est souvent associée à la notion de préoccupations (Saury *et al.*, 2013) et circonscrit à la fois les anticipations issues des expériences passées, et les possibilités de perturbations futures, c'est-à-dire les futurs representamen (R) possibles.

- A : *l'actualité potentielle, ou structure d'anticipation*. Cette composante traduit l'hypothèse d'une projection de l'acteur à chaque instant vers son futur immédiat ou plus lointain. Il s'agit d'anticipations qui peuvent être aussi bien passives (anticipations d'événements possibles pouvant survenir sur un continuum familier / surprenant), ou actives (anticipations liées à la réalisation d'une activité en cours). Cette composante est comparée par Theureau (2006, 2010) à la notion de « *situation awareness* » en tant que potentialité en référence à Sarter et Woods (1991). En effet, Theureau (2006) souligne que dans la construction de la structure d'anticipation à un instant donné, ce qui est premier n'est pas la situation, mais « *l'engagement dans la situation et les attentes qu'il permet de sélectionner, hérités du cours d'action passé, indépendamment de la situation instantanée* » (Theureau, 2006, p. 292).

- S : *le référentiel*. Cette composante traduit l'hypothèse d'une construction dynamique du corps propre, du monde propre et de la culture propre de l'acteur et de l'ensemble de l'expérience passée de l'acteur. Il s'agit de la part du savoir qui est mobilisable par l'acteur à un instant t compte tenu des composants E et A.

E, A et S constituent la structure de préparation de l'acteur qui ouvre sur un champ des possibles.

- R : *le representamen*. Il s'agit d'une perturbation qui s'impose à l'acteur compte tenu de l'actualité potentielle (A) et qui est significative pour lui. Theureau (2006, 2010) considère que certains representamens (R) peuvent être assimilés à la notion d'affordance de Gibson (1979) en tant que perception d'invariants auxquels le système perceptif d'un acteur est sensible. En s'appuyant sur une définition d'affordance comme « offre de l'environnement », Theureau rappelle cependant que l'hypothèse de l'enaction, sur laquelle repose le programme de recherche du Cours d'action, implique qu'il ne puisse y avoir de « saisie directe » de « l'information », mais plutôt une « in-formation directe ».

- U : *l'unité du cours d'expérience, ou encore Unité de conscience préreflexive* (Theureau, 2015). Cette composante est constituée d'actions ou d'imaginations. Theureau

(2006, 2010) rapproche cette composante à la notion de « *response planning* » (Roth, Mumaw et Lewis, 1994) en précisant que U ne se limite pas à des actions, diagnostics et pronostics fonctionnels élaborés à partir de stimuli, mais comprend aussi des émotions, des changements de focalisation, des communications et des interprétations. Elle dépend de surcroît de la structure de préparation (E,A,S) et du representamen qui lui a donné naissance, et est associée à une transformation de l'actualité potentielle (A).

R et U traduisent l'hypothèse de l'activité comme interaction asymétrique de l'acteur avec son environnement, c'est-à-dire « l'activité comme réaction modelée par les composantes E, A et S précédentes à des perturbations de l'environnement et du corps de l'acteur » (Theureau, 2006, p. 297).

- I : *l'interprétant*. Cette composante traduit l'hypothèse de la transformation à divers degrés des habitudes de l'acteur, de ses savoirs situés. Elle opérationnalise l'analyse empirique de la transformation constante du couplage structurel entre l'acteur et son monde. Elle représente le processus de construction de connaissances, transformant le référentiel S à un instant donné en un nouveau référentiel S' à l'instant suivant.

Dans l'Étude 1 nous nous sommes focalisés sur l'analyse des connaissances des acteurs. Cette première étude visait à produire une « photographie » à un instant t (celui des entretiens) de la culture propre au groupe d'acteurs interrogés. Les entretiens de partage d'expériences mobilisés pour cette étude, à la différence des entretiens d'autoconfrontation mobilisés pour les Études 2 et 3, visaient davantage l'expression de connaissances usuelles « déjà-là » et mobilisables dans une classe de situation donnée (i.e., le référentiel S) que l'expression de la conscience préreflexive rattachée à une activité de navigation en cours (dans le cas de verbalisations spontanées) ou passée et s'étant « réellement » déroulée dans l'espace et dans le temps. *A contrario* l'expression des connaissances mobilisables, bien que ces dernières aient été construites à partir de cette activité passée, ne renvoie pas nécessairement de manière précise aux situations au cours desquelles elles ont été construites. Elles peuvent être, de ce point de vue, considérées comme des éléments de généralité relativement « dé-situés », en étant toutefois indexés à des classes plus ou moins larges de situations typiques.

Dans les Études 2 et 3 en revanche, nous avons analysé l'expression de la conscience préreflexive des acteurs en termes de signes hexadiques à partir des verbalisations des acteurs au cours des entretiens d'autoconfrontation et par la mise en jeu d'un réseau d'inférences au cours de l'enquête. En effet, l'expression de la conscience préreflexive au cours d'un entretien n'est toujours que partielle. Ces inférences sont fondées sur le principe de la rétrodiction

(Veyne, 1971) qui se base sur (a) les habitudes de l'acteur, (b) les événements analogues qui sont identifiés en amont ou en aval du moment étudié, et (c) les traces de l'activité (Perrin, Theureau, Menu et Durand, 2011).

3.4 L'articulation des mesures mécaniques et des données observationnelles avec les données expérientielles

Tandis que pour l'Étude 1 les recueils de données ont été limités aux verbalisations lors des entretiens, pour l'Étude 2 et l'Étude 3 nous avons également recueilli des données observationnelles du comportement de l'équipage et des mouvements du bateau, et des données de vitesse, trajectoires et assiettes du bateau. Nous présentons ici les caractéristiques communes à l'analyse des données de l'Étude 2 et de l'Étude 3.

Synchronisation des données

La première étape fut celle de la synchronisation des données. Lors des entretiens d'autoconfrontation les arrêts sur images et les retours en arrière produisent une dilatation de la durée de l'entretien par rapport à la durée de la séquence sur laquelle porte l'entretien. Pour faire correspondre les verbalisations de l'entretien avec la séquence vidéo enregistrée, nous avons repéré certains moments identifiables dans l'enregistrement *in situ* (e.g., un décrochage des foils, une conversation entre équipiers) et nous avons cherché leur correspondance dans les verbalisations de l'entretien d'autoconfrontation (e.g., les verbalisations décrivant ce décrochage ou cette verbalisation). En procédant ainsi pour chaque équipier, nous avons synchronisé les données d'entretien avec les enregistrements audiovisuels et les données de comportement de l'équipage et de mouvement du bateau extraites de ces enregistrements. La synchronisation avec les données mécaniques fut également réalisée en référence à l'enregistrement audiovisuel *in situ*. La synchronisation était réalisée en identifiant la correspondance entre des variations brutales de vitesse ou de trajectoire dans les mesures horodatées des mouvements du bateau avec des événements observables sur la vidéo (e.g., décrochage, virement de bord).

L'articulation des données expérientielles, observations comportementales et mesures des mouvements du catamaran

La deuxième étape fut celle de l'articulation des données. Hamel (1997, p. 104) note que dans les études de cas « *les méthodes sont choisies dans le but de placer l'objet d'étude sous le feu d'éclairages différents dans l'espoir de lui donner tout son relief* ». Ainsi, nous

avons suivi deux démarches différentes dans l'articulation des données pour l'Étude 2 et l'Étude 3. Ces démarches sont détaillées dans la présentation des études correspondantes. Nous nous limitons ici à présenter les similarités et différences dans les approches entre ces deux études. Concernant les similarités, dans l'Étude 2 comme dans l'Étude 3 les cours d'expériences des coéquipiers ont été reconstruits avant de procéder à l'analyse des mesures ou observations des mouvements du bateau (i.e., primat de l'expérience dans l'analyse des données). Les différentes mesures réalisées et les enregistrements audiovisuels participent de manière contextuelle à cette première phase d'analyse (i.e., la reconstruction des cours d'expérience) en contribuant au processus de rétrodiction par lequel la documentation des signes hexadiques peut être enrichie. Concernant les différences, dans l'Étude 2 nous avons procédé à un échantillonnage par l'expérience (R'kiouak, 2017) des mesures de l'assiette latérale du catamaran à partir de l'identification d'épisodes d'activité collective basée sur l'analyse de l'articulation des cours d'expériences des coéquipiers. Dans l'Étude 3 en revanche, après avoir reconstruit le cours d'expérience de chaque coéquipier, la prise en compte des observations des mouvements du catamaran et des mesures de vitesse s'est intégrée à une démarche d'analyse compréhensive basée sur la confrontation de la structure de préparation de chacun des coéquipiers avec les perceptions et actions de leur partenaire et les mouvements du catamaran.

3.5 La validité du traitement et de l'analyse des données

Pour chaque étude la validité des étapes de traitement et d'analyse des données a été renforcée (a) par triangulation (Berger, Crescentini, Galeandro, & Crohas, 2010 ; Denzin, 1978) ; et (b) par des critères de validité pragmatique.

Validité par triangulation

Concernant la triangulation, nous avons, d'une part, multiplié les sources de données, et d'autre part, mobilisé plusieurs chercheurs pour l'analyse.

Pour les Études 1 et 3 les données ont été recueillies avec différents participants en différents lieux. Pour les Études 2 et 3 nous avons recueilli différents types de données (entretiens d'autoconfrontation, enregistrements audiovisuels, recueils de mesures mécaniques). Le croisement de ces données lors de l'analyse nous a permis de questionner nos données lorsqu'un manque de cohérence devenait manifeste. Il nous est arrivé par exemple de nous tromper lors de la synchronisation de données d'entretiens avec les données de vitesse du bateau en débutant l'analyse du cas numéro 4 de l'Étude 3. Dans un premier

temps nous avons été surpris par le manque de congruence entre la courbe de vitesse du bateau et l'expérience décrite par chacun des coéquipiers. Cependant ce type d'incongruence peut exister, en effet la variation de vitesse « GPS » peut elle-même être différente de la variation de vitesse du bateau par rapport à l'eau (e.g., s'il y a du courant) et par rapport au vent (e.g., variations de la force ou de la direction du vent). C'est en vérifiant la cohérence entre l'enregistrement audiovisuel utilisé lors de l'entretien d'autoconfrontation, et les relevés de trajectoires du bateau que nous avons pu constater notre erreur lors de la synchronisation des données et la corriger. Dans ce cas, bien que les relevés de trajectoires du bateau n'aient pas été intégrés dans l'analyse, ils ont néanmoins constitué une source de vérification du traitement de données.

De plus, dans chacune de nos analyses, trois chercheurs sont intervenus. En tant qu'investigateur principal, notre démarche était de soumettre systématiquement nos analyses aux deux autres chercheurs dont l'un était également spécialiste de voile. Lorsque des désaccords apparaissaient par rapport au traitement ou à l'analyse des données, une confrontation critique des arguments respectifs était ouverte entre les chercheurs jusqu'à ce qu'un consensus apparaisse entre les trois chercheurs.

Validité pragmatique

Le critère de validité pragmatique dans le cadre de l'analyse de l'activité de navigateurs en voile volante réside en premier lieu dans les échanges que nous avons eus avec les acteurs dans le cadre des « boucles courtes ». Celles-ci permettaient de bénéficier d'une sorte de « point d'étape » dans l'analyse, et notamment de vérifier que notre démarche analytique était significative du point de vue des acteurs directement concernés. La présentation de nos travaux, de nos doutes, de nos hypothèses dans des cadres formels (e.g., au cours des « workshops ») ou informels (e.g., discussions lors de rencontres fortuites avec certains des acteurs avec lesquels nous avons collaboré), a permis d'obtenir des retours très utiles sur le caractère « significatif pour les acteurs » de nos descriptions et analyses. Ces retours étaient inhérents à la discussion elle-même, et aux réactions d'étonnement, d'approbation ou de désapprobation des acteurs concernés à l'écoute de nos exposés. Ils se manifestaient également à travers l'appropriation par ces acteurs de nos résultats (e.g., lorsque le moniteur avec lequel nous avons collaboré s'est appuyé sur le document que nous lui avons transmis pour réaliser la présentation de son activité dans le cadre d'une réunion du « foiling workshop »).

Conclusion de la deuxième partie

Dans cette deuxième partie, nous avons présenté le cadre théorique et méthodologique de nos recherches. Nous y avons présenté l'approche enactive en procédant de manière progressive, en partant la caractérisation des systèmes vivants en tant que systèmes autopoïétiques jusqu'à la description des couplages sociaux. Cette caractérisation du vivant en termes de clôture opérationnelle et de couplage structurel entre l'organisme et son environnement, implique que chaque organisme vivant construit son monde propre. Cela suppose, dans le cadre d'études de l'activité humaine, la nécessité de la prise en compte de la perspective que les acteurs portent sur leur monde. Le programme de recherche du Cours d'action propose un cadre méthodologique permettant d'étudier l'activité humaine en cohérence avec l'hypothèse de l'enaction. En effet, l'hypothèse de la conscience préreflexive comme effet de surface du couplage structurel entre l'acteur et son environnement, et les méthodes d'entretien visant l'expression de cette conscience préreflexive (e.g., les entretiens d'autoconfrontation) permettent une description de l'activité des acteurs basée sur le primat de l'expérience. En s'inscrivant dans le cadre théorique du programme de recherche du cours d'action, nous avons construit pour cette thèse un observatoire en l'adaptant à notre objet d'étude. Celui-ci s'appuie sur des méthodes que nous pouvons qualifier de « classiques » dans les études empiriques s'inscrivant dans ce programme de recherche (e.g., entretiens d'autoconfrontation, identification de signes hexadiques). Il s'appuie également sur d'autres méthodes plus originales dans ce programme (e.g., entretiens que nous avons qualifiés de partage d'expérience ; mesures des mouvements des catamarans). Les unes comme les autres visent à mettre à jour l'activité de navigation volante telle qu'elle est significative pour les acteurs de cette pratique. La partie suivante est consacrée à la présentation des trois études empiriques réalisées dans le cadre de cette thèse.

TROISIÈME PARTIE :
ÉTUDES DE THÈSE

CHAPITRE 5 Le contrôle de la stabilité de vol comme révélateur d'une culture technique émergente¹⁶ (Étude 1)

1 Introduction de l'Étude 1

En s'emparant de la pratique de la navigation sur foils, les acteurs de la voile volante participent actuellement à un processus d'innovation (Alter, 2000) dans le domaine de la voile légère. La généralisation des foils sur ces supports constitue manifestement une rupture et un changement de paradigme technologique (Dosi, 1982) dans le domaine de la voile légère. Elle renvoie à ce que Freeman et Perez (1988) nomment une innovation radicale (ou révolution technologique) en créant une discontinuité majeure par rapport au cadre technique déjà défini, par opposition à une innovation incrémentale (i.e., opportunité nouvelle plus discrète dans un cadre technique déjà défini) (pour une synthèse, voir Flichy, 2003).

La navigation sur les voiliers à foils impose donc aux pratiquants une adaptation à des problèmes techniques inédits liés à l'extrême précarité de la stabilité de vol, à la brutalité des changements de régime de navigation, à la perte des repères usuels de trajectoire relative associée aux très grandes vitesses de navigation (les voiliers se déplacent couramment à des vitesses supérieures à celles du vent réel), ou encore à l'accès à des réglages inconnus sur les autres supports (e.g., le réglage de l'incidence des foils). Les connaissances des acteurs de la pratique en termes de transformation de la relation entre les navigateurs et leur support ont été jusqu'à présent partagés de façon essentiellement informelle. Pourtant, la création de groupes de réflexion conduisant à de premières tentatives de formalisation sous l'égide de la Fédération Française de Voile, et de l'École Nationale de Voile et des Sports Nautiques (e.g., Flageul, 2018), un nombre croissant d'articles de revues spécialisées (e.g., Voiles et Voiliers, Voile Magazine, Sail Magazine) concernant spécifiquement la navigation sur voiliers volants, ainsi que l'organisation de colloques centrés sur la pratique du foil (e.g., Foil Racing Conference), accréditent l'idée d'un développement en train de se faire d'une culture technique propre à la navigation sur des voiliers volants.

La culture propre d'un groupe d'acteurs correspond à un fond de connaissances communes et partageables par les membres du groupe. A partir d'entretiens portant sur la notion de stabilité de vol avec des acteurs primo adoptants (Rogers, 1962), cette étude visait à : (a) appréhender, du point de vue des connaissances des acteurs, la manière dont ce

¹⁶ Cette étude a donné lieu à une publication : Terrien, E., Huet B. et Saury J. (sous presse). Équipements sportifs innovants et développement d'une culture technique. l'exemple de la navigation sur des voiliers « volants ». @ctivité.

groupe d'acteurs conçoit le pilotage de voiliers volants ; (b) mieux comprendre l'évolution de la relation entre les navigateurs et leurs supports du point de vue de la culture technique relative à la pratique de la voile légère. Dans le cadre de cette thèse, l'étude de la culture des acteurs de la voile volante à travers le prisme de la connaissance des phénomènes associés au contrôle et à la conservation de la stabilité de vol permet de créer un ancrage pour les Études 2 et 3. Nous postulons en effet que la culture propre d'un groupe d'acteurs, relative à une pratique, contribue à circonscrire à chaque instant la structure de préparation de leur activité en cours, et à la sélection des sources de perturbations de cette activité, lors de cette pratique. De fait, Theureau (2015) soutient qu'il est possible dans une approche enactive de relier et distinguer empiriquement la dynamique propre du cours d'expérience des acteurs (i.e., la dimension intrinsèque de leur activité), avec un ensemble de contraintes et d'effets dits extrinsèques, dans les corps, situations et culture des acteurs, cette dernière pouvant être plus ou moins largement partagée au sein d'un groupe d'acteurs (e.g., communauté sportive ou professionnelle).

2 Appréhender la culture technique à la lumière du cadre théorique du Cours d'action

Les notions de connaissance et de culture technique ont été construites dans cette étude en accord avec une approche enactive de la cognition humaine (Varela, 1989), et plus particulièrement en référence au programme scientifique du Cours d'action (Theureau, 2006).

Dans l'approche enactive de la cognition humaine, le couplage structurel acteur-environnement et son caractère historique produit un monde propre pour l'acteur, porteur de sens au travers des régularités, ou éléments de généralité. De ce point de vue, les connaissances construites par un acteur – en tant que régularités dans son expérience – sont fondamentalement liées au monde propre de cet acteur. Pour autant, ces connaissances ne sont pas radicalement singulières. En effet, celles-ci rendent possible la coordination de différents acteurs et émergent également à l'occasion des interactions et échanges langagiers avec d'autres acteurs. Ces interactions entre acteurs correspondent à un couplage structurel de troisième ordre (ou encore couplage social) (Maturana et Varela, 1994), duquel émergent les éléments d'un domaine consensuel au sein d'un groupe ou d'une communauté particulière.

En accord avec les présupposés de l'enaction, le programme de recherche du Cours d'action postule que l'activité d'un acteur s'accompagne d'un processus permanent d'apprentissage-développement situé et incarné, le conduisant progressivement à construire des éléments de généralité – ou connaissances – selon un principe de typicité (Rosch, 1978;

Theureau, 2006). Autrement dit, l'acteur valide ou invalide à chaque instant des connaissances usuelles construites dans le cours de son expérience passée, et/ou construit de nouvelles connaissances, sur la base d'un gradient de similarité ou de ressemblance entre les expériences vécues (Theureau, 2006). Ces connaissances constituent les éléments du référentiel de l'acteur. Cette notion désigne la culture propre de l'acteur (Theureau, 2015), c'est-à-dire l'ensemble des connaissances construites ou renforcées dans le passé, et potentiellement mobilisables par cet acteur en relation avec son engagement dans chaque situation ou famille de situations particulières. Une part des éléments de cette culture propre peut être partagée par différents acteurs confrontés à une même famille de situations pratiques. Ce partage peut donner lieu à des étiquetages symboliques et langagiers et à des formalisations diverses concernant le domaine technique considéré. Dans ce cas, émerge un domaine consensuel (Maturana & Varela, 1994), c'est-à-dire, un système symbolique culturel partagé par le groupe concerné (Theureau, 2015). Ainsi, une approche enactive de la culture articule la notion de culture propre d'un acteur, c'est-à-dire la culture incorporée et située, émergeant du couplage structurel entre l'acteur et son environnement, avec une notion de culture comme système symbolique plus ou moins formalisé et réifié (se concrétisant dans des discours, textes, etc.).

Pour les besoins de la présente étude, deux catégories de connaissances ont guidé notre analyse de la culture partagée par les acteurs à propos du contrôle et de la conservation de la stabilité de vol sur les voiliers à foils. Celles-ci font référence aux notions de types et de relations entre types qui composent le référentiel de l'acteur (Theureau, 2006) :

- les expériences-types désignent la reconnaissance d'une expérience comme typique du point de vue du contrôle ou du maintien de la stabilité de vol, par analogie ou différence avec des expériences passées. Ces expériences-types conduisent *a priori* les acteurs à délimiter, nommer, spécifier, différencier, des actions, perceptions, caractéristiques des situations, qui constituent leur monde propre lorsqu'ils évoquent et explicitent des moments significatifs pour eux de contrôle et de conservation de la stabilité de vol des voiliers ;

- les principes d'interprétation concernent l'établissement de relations entre différentes expériences-types dans le cadre de chaînes interprétatives (ou causales) mobilisées par les acteurs pour expliquer ou interpréter ces relations. Ces principes d'interprétation reflètent une forme de compréhension plus abstraite et générale par les acteurs des conditions de contrôle et de la conservation d'une stabilité de vol, leur permettant d'assimiler les diverses expériences-types de vol, et de les inscrire dans un cadre interprétatif présentant une cohérence de leur point de vue.

Dans cette perspective, la récurrence de l'expression de ces éléments dans le discours des différents participants concrétise l'émergence d'une culture technique propre à la navigation sur voiliers volants.

3 Observatoire spécifique à l'Étude 1

3.1 Participants

Douze pratiquants et praticiens de la navigation à la voile sur foils ont accepté de participer à cette étude. Chacun avait développé au cours des cinq dernières années une expérience et une expertise reconnues, relatives à la pratique et à l'entraînement sur différents voiliers de compétition à foils (planche à voile, kitesurf, catamaran, monocoque de course au large), ou à la conception de tels voiliers. Ils avaient tous au moment de l'étude un engagement intensif dans le domaine de la voile volante, dans un cadre professionnel et/ou dans celui de la compétition de haut niveau. Les caractéristiques des participants sont présentées dans le Tableau 1.

3.2 Recueil des données

Des entretiens ont été conduits individuellement avec chaque participant. L'objectif était de favoriser une description la plus précise possible des expériences-types et des principes d'interprétation liés à la culture de chaque participant, relative à la stabilité de vol et aux conditions de son contrôle sur des voiliers à foils.

Nous avons mis en œuvre un format d'entretien *ad hoc* que nous avons qualifié d'entretien de partage d'expérience. Ces entretiens visaient la verbalisation de connaissances issues des expériences passées de l'acteur au cours de son activité relative à la voile volante. Tel que nous l'avons expliqué dans le Chapitre 4, il s'agissait de susciter un discours adressé à un interlocuteur pouvant être considéré comme un « pair-enquêteur » : pair pour avoir développé lui-même une expertise pratique dans le domaine de la navigation sur des supports à foils ; enquêteur pour avoir été formé aux techniques d'entretien compréhensif, d'explicitation et de remise en situation dans le cadre de recherches antérieures, conduites dans le programme de recherche du Cours d'action. Nous étions par ailleurs familiers des participants pour les avoir côtoyés à maintes reprises dans diverses situations liées à la pratique de la voile volante (e.g., compétitions, événements promotionnels, séminaires).

Tableau 1- Caractéristiques des participants à l'Étude 1.

Participants	Age	Sexe	Type de bateau	Éléments biographiques
Participant 1	23 ans	Masculin	Catamaran volant	Équipage ayant participé au programme de formation « Team France Jeune » ¹⁷ Ces deux participants ont également intégré l'équipage de l'équipage Française à la « Youth America's Cup » en 2017.
Participant 2	24 ans	Masculin	Catamaran volant	
Participant 3	22 ans	Masculin	Catamaran volant	Équipage ayant participé au programme de formation « Team France Jeune ».
Participant 4	23 ans	Masculin	Catamaran volant	
Participant 5	21 ans	Féminin	Catamaran volant	Barreuse ayant participé au programme de formation « Team France Jeune ».
Participant 6	20 ans	Masculin	Catamaran volant	Barreur ayant participé au programme de formation « Team France Jeune » et membre de l'équipe de France de Nacra 17 (catamaran volant).
Participant 7	55 ans	Masculin	Catamaran volant	Cadre technique sportif à l'École Nationale de Voile et des Sports Nautiques (ENVSN), Entraîneur reconnu comme expert dans la préparation d'équipages sur catamarans volants. Entraîneur de l'équipe de France à la Youth America's Cup en 2017, et en charge de la filière d'entraînement sur catamarans à foils.
Participant 8	24 ans	Masculin	Catamaran volant	Educateur sportif reconnu dans l'encadrement en catamaran volant, au sein d'une structure pionnière dans l'enseignement de la navigation volante destinée à un public non spécialiste.
Participant 9	38 ans	Masculin	Skiff volant	Régatier expert, deux fois médaillé aux championnats d'Europe de Waszp.
Participant 10	39 ans	Masculin	Windfoil	Régatier expert, classé parmi les dix meilleurs mondiaux sur le circuit professionnel de Windfoil.
Participant 11	44 ans	Masculin	Kitefoil, Windfoil	Pratiquant reconnu pour son implication dans le développement (tests et conception) de foils destinés à la pratique du Kitefoil et du Windfoil.
Participant 12	44 ans	Masculin	Windfoil	Pratiquant de Windfoil reconnu pour son implication dans le projet « Foil Generation ENVSN » ¹⁸

Pour chacun des douze entretiens, une démarche similaire a été mise en œuvre. En introduction, nous informions les participants que nous souhaitions « échanger autour de la notion de stabilité de vol », que la durée de l'entretien serait d'environ 45mn et que cet entretien prendrait la forme d'une conversation au cours de laquelle ils seraient invités à décrire leurs expériences de navigation sur bateau volant. Après une phase d'entrée en matière destinée à établir des conditions confiantes d'interlocution, l'entretien proprement dit débutait avec la question suivante : « quelle importance accordes-tu à la stabilité de vol dans ta

17 Ce programme de formation était destiné à de jeunes régatiers experts âgés de 18 à 25 ans et visait, à l'issue d'un processus de sélection des candidats, à former la future élite française de la navigation sur catamaran volant. Le support principal utilisé au cours de cette formation était le Flying Phantom Elite (catamaran volant).

18 Le projet «Foil Generation ENVSN» est destiné à accompagner l'émergence de la voile volante au sein des structures d'entraînement.

pratique, et que représente pour toi un vol stable, ou un vol instable ? ». Cette amorce visait à produire un ancrage à partir duquel le participant pouvait s'engager dans l'entretien en mobilisant des connaissances relatives à la notion de stabilité de vol. La conduite de l'entretien visait ensuite l'explicitation de situations ou moments précis par les participants. Nous avons utilisé un questionnement demandant une évocation précise des contextes et de l'activité des participants dans ces situations, et des relances inspirées de la méthode de l'entretien d'explicitation (Vermersch, 1994). Puis, sur la base de l'explicitation de moments particuliers traduisant des phénomènes significatifs pour les participants liés à la stabilité de vol, nous avons incité les participants à interpréter ces moments, et/ou à les comparer à d'autres moments jugés similaires ou différents du point de vue de ces phénomènes. Nos relances visaient à approfondir l'explicitation de l'expérience des participants, par exemple, en les invitant à décrire plus précisément leurs actions, ressentis, préoccupations, focalisations dans ce type de situation. Le questionnement et les relances visaient également à amener les participants à contraster les différentes situations qu'ils décrivaient. Par exemple, après que le participant eut explicité un moment de vol stable, il pouvait être invité à décrire un moment de vol instable, puis à décrire des situations de transition entre des moments de vol stable et instable. Ces entretiens ont duré entre 20mn et 60mn selon les participants (moyenne=30mn).

3.3 Analyse des entretiens

Les entretiens, d'une durée cumulée de 6 heures, ont été retranscrits manuellement dans leur intégralité. Les protocoles verbaux ont ensuite fait l'objet d'une analyse systématique suivant deux étapes principales : (a) l'identification et la catégorisation des expériences-types évoquées par les participants à propos de la stabilité de vol et de son contrôle ; (b) l'identification et l'analyse des principes d'interprétation mobilisés par les participants pour expliquer les phénomènes liés à la stabilité de vol et aux conditions de son contrôle. Pour cette seconde étape d'analyse, nous avons sélectionné les entretiens de six participants 5, 6, 7, 8, 9 et 11, qui présentaient des profils variés en termes d'expériences (régatiers, entraîneur, moniteur, concepteur) et de supports de navigation (catamaran, skiff, Kitefoil, Windfoil).

Identification et catégorisation des expériences-types

Dans un premier temps nous avons identifié et isolé dans les discours des participants l'ensemble des fragments de verbalisation permettant la délimitation d'une « expérience-type ». Ces expériences-types permettaient au pratiquant de distinguer ou

d'associer, selon un étiquetage langagier particulier, les différentes expériences vécues selon leurs similitudes ou différences de son point de vue. Ces expériences-types pouvaient ainsi se rapporter à diverses composantes de l'expérience des participants. Il pouvait s'agir d'actions-types (e.g. « se déplacer pour contrôler l'assiette longitudinale »), de situations-types (e.g. « au portant dans les vagues »), de jugements perceptifs-types (e.g. « bateau facile à la barre »), d'émotions-types (e.g. « peur de se blesser »), associés à la reconnaissance d'un état du vol (stable/instable) ou à l'activité de contrôle et de régulation de la stabilité de vol par les participants.

Ces expériences-types ont ensuite fait l'objet d'une catégorisation guidée par les questions de recherche, en relation avec deux axes d'analyse : (a) les éléments de reconnaissance et de distinction par les participants des expériences-types respectivement associées à un vol stable et à un vol instable ; (b) les expériences-types relatives à l'activité de contrôle et de la régulation de la stabilité de vol (i.e., actions sur les commandes, déplacements, communications, visant à agir sur le comportement du bateau).

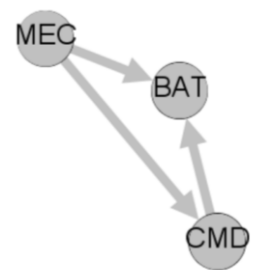
Identification et analyse des principes d'interprétation mobilisés

L'analyse des principes d'interprétations mobilisés par les participants a été conduite grâce à l'identification systématique des chaînes interprétatives identifiables dans le discours des participants pour expliquer les phénomènes liés à la stabilité de vol et aux conditions de son contrôle. Nous avons analysé le contenu de chaque principe d'interprétation en termes de relation entre des « conditions » et des « effets » tels qu'ils étaient évoqués par les participants au cours des entretiens, lorsque leur discours rendait compte d'interprétations particulières de telles relations et de leur direction (e.g., relations entre des causes et des effets, des antécédents et des conséquences). Ces notions de « conditions » et d'« effets » sont inhérentes au point de vue de l'acteur, et ne renvoient aucunement à une interprétation de ces relations par le chercheur autre que le repérage de ces relations dans le discours des participants. Elles peuvent dans cette perspective être rapprochées des notions de contraintes et d'effets extrinsèques relatifs à certaines caractéristiques de la situation, du corps et de la culture, dans le programme de recherche du Cours d'action (Theureau, 2004a).

Le premier temps de cette analyse a consisté à identifier les éléments évoqués par les participants en termes de conditions, et en termes d'effets, puis à regrouper ces éléments dans des catégories plus générales, grâce à une démarche de catégorisation thématique inductive (Strauss & Corbin, 1990). Cette démarche se distingue des démarches hypothético-déductives recourant à des catégories préexistantes à la recherche. Les catégories émergent au contraire

de l'analyse grâce à une procédure de comparaison constante entre des « unités de sens » (ici des expériences-types élémentaires), qui sont progressivement regroupées selon un critère de similitude thématique. Cette procédure itérative conduit à formaliser un ensemble structuré de catégories s'étageant sur différents rangs. Les expériences-types relevant d'un même thème ont été regroupées dans 54 catégories de premier niveau, puis les catégories de premier niveau ont été regroupées en huit catégories de second niveau. Par exemple, les expériences-types « border la grand-voile » et « s'avancer sur le bateau » ont respectivement été catégorisées dans des catégories de premier niveau associées à la « régulation de la voile » et à la « mobilité de l'équipage », puis regroupées dans la même catégorie de deuxième niveau « mobilisation des commandes ». (voir Annexe 5 pour l'intégralité des catégories).

Tableau 2- Exemple d'identification et d'analyse des principes d'interprétations à partir d'un extrait d'entretien du participant 8. Les catégories BAT (comportement du bateau) ; CMD (mobilisation des commandes) ; et MEC (éléments et phénomènes mécaniques) sont décrites dans la section 4.2 de ce Chapitre.

Identification d'éléments « conditions » et d'éléments « effets »	Conditions-effets après catégorisation de premier niveau	Condition-effets après catégorisation de deuxième niveau	Début de construction d'un réseau de relations entre catégories
Être assis au lieu d'être au trapèze (condition) complique la stabilisation (effet)	Conditions : mobilité de l'équipage Effet : stabilité du bateau	Condition-effet CMD-BAT	 <pre> graph TD MEC((MEC)) --> BAT((BAT)) MEC((MEC)) --> CMD((CMD)) BAT((BAT)) --> CMD((CMD)) </pre>
Le fait de ne pas pouvoir régler les foils en dynamique (condition) limite la capacité à pouvoir stabiliser le bateau (effet)	Condition : réglage des foils Effet : stabilité du bateau	Condition-effet MEC-BAT	
Si les foils ne se régulent pas en dynamique (condition), cette régulation repose sur le mouvement de l'équipage (effet)	Condition : Réglage des foils Effet : requiert une mobilité de l'équipage	Condition-effet MEC-CMD	

Dans un second temps, les principes d'interprétations ont été reconstruits et codés à partir des relations conditions – effets au niveau des catégories de deuxième niveau. Cette analyse visait à identifier les relations entre catégories s'exprimant chez les six participants

sélectionnés pour cette analyse. Nous avons ensuite construit des réseaux de relations entre catégories pour chaque participant (figure 4) : chaque catégorie a été considérée comme un nœud du réseau, et les liens entre les nœuds sont basés sur l'existence d'une relation condition-effet entre deux catégories dans le discours du participant. Cette démarche est présentée dans le tableau 2.

4 Résultats de l'Étude 1

Les résultats sont présentés dans deux sections. La première décrit et caractérise les expériences-types associées par les participants à la stabilité de vol et à son contrôle ; la deuxième les principes d'interprétation mobilisés, relatifs aux états de stabilité de vol et à l'efficacité de son contrôle.

4.1 Expériences-types associées à la stabilité de vol et à son contrôle

Les expériences-types évoquées par les participants se rattachent à deux catégories générales. La première concerne la reconnaissance d'états contrastés de stabilité du bateau, eux-mêmes étroitement associés à des jugements de qualité de vol (vol stable *versus* vol instable). La deuxième catégorie concerne les expériences-types relatives aux actions de contrôle et de régulation de la stabilité de vol.

La reconnaissance d'états contrastés de stabilité et de qualité de vol : des configurations perceptives et émotionnelles saillantes

Les expériences-types associées à un vol stable sont caractérisées en premier lieu chez les participants par des émotions plaisantes liées à des jugements de facilité de contrôle et de maîtrise du bateau. Ces expériences étaient évoquées dans des termes tels que : « *on est un peu sur notre petit nuage quand c'est stable et que tout va bien* » [P5_01'40]¹⁹ ; « *je me sens maître du bateau (...) j'ai pas peur, il n'y a aucune frayeur, c'est vraiment la situation est maîtrisée* » [P5_14'52]. Les participants décrivaient la sensation d'avoir « moins besoin d'agir sur le bateau » lorsqu'il était stable : « *tu vois le bateau tu sens dans ton feeling à la barre et tout ça, hop, d'un coup le bateau t'as moins besoin d'en faire* » [P6_42'39]. Le bateau était jugé « facile », « tolérant » : « *tu sens que t'as de la tolérance, c'est-à-dire que tu sens que ton foil va accepter des petites erreurs mais tu peux les rattraper facilement. C'est vraiment cette facilité de correction qui fait la stabilité* » [P11_30'41]. Ces sensations

¹⁹ Ce codage renvoie à la retranscription des entretiens des Participants dans l'Annexe 5.

intégraient parfois d'autres registres perceptifs, associant notamment la stabilité de vol à un paysage sonore silencieux : « *dès qu'il est calé [en vol] t'as quasiment plus de bruit* » [P8_23'44].

En deuxième lieu, ces expériences-types intégraient de façon prégnante chez les participants des sensations relatives à « l'équilibre du bateau ». Celles-ci renvoyaient dans leurs propos conjointement à la perception (a) d'un équilibre directionnel du bateau (le bateau « va tout droit »), (b) d'une faible variabilité de son assiette latérale et longitudinale (le bateau est « calé »), et (c) d'une orientation optimale des forces propulsives : « *quand ton bateau il est bien équilibré (...) tu peux lâcher la barre et tu régules juste ton écoute de GV [grand-voile] quoi, tu vois et le bateau il va tout droit, et c'est trop bien* » [P9_24'47] ; « *t'as de la pression vraiment dans le bateau quoi. Tu sens que toute la force vélique est transformée [en vitesse]* » [P6_39'34]. Se plaçant du point de vue d'un observateur extérieur (celui d'un entraîneur), l'un des participants a évoqué ce qui lui semblait être l'indice principal d'une stabilité : un bateau qui navigue sans « *coups de gîte* » ou de « *contre-gîte* », et dont l'assiette longitudinale reste horizontale indépendamment des variations de hauteur de vol, c'est-à-dire qui « *redescende à l'horizontale et qui décolle à l'horizontale* » [P7_07'18].

En troisième lieu, la description d'une expérience de vol stable était associée par les participants à la possibilité de pouvoir décentrer leur attention des actions de pilotage du bateau, et d'être plus disponibles pour prendre des informations dans l'environnement du bateau, en particulier dans les situations de régate : « *t'as moins besoin de te concentrer sur la propreté de ton vol (...) et du coup tu peux sortir un peu la tête du bateau et regarder tous les aspects tactiques qui en découlent, le vent, les adversaires tout ça* » [P6_05'19] ; « *une fois que t'es calé normalement tu regardes autour de toi* » [P10_10'49].

Toutefois, certains participants ont évoqué des cas dans lesquels l'expérience d'un vol stable pouvait être associée à la perception d'une vitesse relativement limitée du bateau en comparaison de ses possibilités estimées dans la situation. Un exemple typique a été décrit par le Participant 9, naviguant sur un bateau doté d'un système d'asservissement réglé pour être très réactif aux variations de hauteur de vol, et qui était donc pour lui « *très stable mais pas rapide (...) c'est très stable parce qu'il [ne] va jamais rien se passer en fait, tu vas jamais planter [mais] dès qu'il y a une vague un peu plus haute le bateau il va monter, une vague plus basse il va descendre, et il y a des moments [où] t'as envie de gagner vers l'avant [en traversant les vagues]* » [P9_08'29]. La Participante 5 a de son côté décrit l'expérience d'une voile trop bordée, générant chez elle « *des sensations au niveau des fesses qu'on vole, qu'on est stable, mais qu'on n'accélère pas* » [P5_05'54]. Les participants 1 et 2 associent cette

expérience aussi bien à un réglage de foil trop extrême qu'à une voile trop « bordée » : « Typiquement tu fais un portant où il y a un peu de vent quand même, tu mets full rake [réglage maximal de l'angle d'incidence du foil], ton bateau il va être super stable mais par contre il sera pas très vite quoi » [P2_02'33], « ou même de sur-border le spi comme tout à l'heure ça te crée de la stabilité de fou mais après t'es plus performant » [P1_02'41]. Ainsi ces participants pointaient des éventualités circonstancielles de vol stable associées à des modes de fonctionnement peu performants du bateau.

Les expériences-types associées à un vol instable se caractérisaient en premier lieu par des sentiments traduisant des émotions déplaisantes chez les participants, qui étaient étroitement liées à des jugements perceptifs relatifs à une certaine difficulté à contrôler le bateau. Ces expériences étaient évoquées dans des termes tels que : « [c'est] une sensation beaucoup moins agréable, parce que là (...) on [ne] maîtrise plus, enfin moins... la chose, et c'est vraiment pas agréable de pas maîtriser quelque chose » [P5_24'40]. Le comportement du bateau était décrit comme « volage » [P6_19'47], ne se comportant pas conformément aux attentes de l'équipage : « ton bateau il va commencer à descendre alors qu'il fallait qu'il monte donc il va toucher, tu vois » [P9_09'40]. Se plaçant du point de vue d'un observateur extérieur (celui d'un entraîneur), l'un des participants a évoqué ce qui lui semblait être les indices principaux de l'instabilité : un bateau qui « bouge dans tous les sens », qui « cabre quand il accélère », sur lequel l'équipage doit « beaucoup bouger » [P7_16'52].

En deuxième lieu, ces expériences-types intégraient de façon prégnante chez les participants des perceptions kinesthésiques ou sonores traduisant des perturbations du fonctionnement hydrodynamique des foils. Ils évoquaient par exemple la sensation d'une barre qui « guidonne » [P6_13'36], ou des vibrations et bruits caractéristiques, comme ceux décrits par le participant 8 à propos d'un vol instable à faible vitesse : « tu sens que ton foil il peine à te garder en l'air (...) c'est une espèce de bruit sourd et surtout tu le vois parce que t'as plein de flotte enfin t'as des gros mouvements d'eau sous tes fesses » [P8_23'44].

En troisième lieu, ces expériences-types de vol instable lorsqu'elles étaient associées à des moments de navigation à grande vitesse, intégraient des sentiments de peur ou d'appréhension parfois très marqués, en particulier dans des conditions de vent irrégulier ou de vagues formées : « notre hantise sur les bateaux volants c'est les vagues » [P6_29'22]. Ces sentiments étaient associés à des anticipations de bris de matériel, de blessures, ou de conséquences pénalisantes d'un amerrissage incontrôlé lors d'une régates (brutale décélération pouvant s'accompagner d'un chavirage du bateau) : « tu te retrouves dans une situation plus stressante (...) si t'as vraiment une perte de contrôle qui te fait peur, parce que ça peut

arriver des pertes de contrôle qui sont violentes, tu vas te retrouver dans une situation où tu vas pas être en confiance » [P11_06'56].

Ces propos mettent en évidence une reconnaissance d'états contrastés de stabilité et de qualité de vol par les participants, fondée sur des configurations d'expériences perceptives et émotionnelles saillantes qui prennent pour les participants un caractère prototypique. Du point de vue des registres sensoriels, ils révèlent également la prégnance des jugements proprioceptifs et auditifs dans ces configurations.

Le contrôle et la régulation de la stabilité de vol : la restauration permanente d'un compromis constamment menacé

Les expériences-types décrites par les pratiquants traduisaient des modalités de contrôle différenciées selon que l'effet recherché concernait le contrôle de l'assiette longitudinale ou latérale, ou encore l'équilibre directionnel global du bateau. Ainsi, le contrôle de l'assiette longitudinale était associé aux déplacements longitudinaux de l'équipage et aux réglages des foils : *« sur le Phantom [catamaran à foil] c'est l'équipier qui fait le rake [modifie l'angle d'incidence du foil], qui fait la régulation du longi [l'assiette longitudinale], tu vois en fait il s'avance hop ça remet [le bateau à plat] » [P9_11'35].* Le contrôle de l'assiette latérale est quant à lui associé aux actions sur les voiles et à la régulation de la trajectoire à la barre : *« Pour moi la stabilité latérale là (...) je vois que le bateau j'arrive pas à le contrôler, il fait un peu je gête j'arrête de gêter, je me dis peut-être qu'il faut que je trouve un angle intermédiaire, là dans ce cas-là je suis un peu trop extrême dans mes mouvements de barre » [P5_12'34].* Autrement dit, du point de vue des participants, le contrôle de l'assiette longitudinale était essentiellement lié à des actions sur les plans porteurs immergés (les foils) et/ou à des déplacements sur le bateau, alors que le contrôle de l'assiette latérale était principalement lié à des actions sur les plans propulseurs aériens (les voiles) et/ou à des modifications de trajectoire du bateau. La focalisation des pratiquants sur les étraves du bateau était conçue comme l'un des moyen de contrôle essentiels de l'efficacité de ces actions, comme en témoigne l'extrait d'entretien suivant : *« en regardant les étraves, comment elles travaillent, en regardant, effectivement si quand tu te déplaces en avant pour le recalcr et que tu vois qu'il [ne] se passe rien (...) tu sais que t'arriveras pas à le récupérer [le bateau] » [P8_14'49].* Ce contrôle était associé à deux intentions antagonistes : (a) agir moins (limiter les effets de ses actions sur le bateau) : *« à la barre j'essaye d'avoir une conduite un peu plus souple, un peu plus ample » [P6_07'48]* ; ou (b) agir plus (amplifier les effets de ses actions sur le bateau) *« l'équipier il s'avance tout ce qu'il peut et quand il [ne]*

peut plus s'avancer il brutalise un peu le bateau quoi, il met des coups de pieds sur l'avant pour remettre le bateau dans ses lignes » [P6_18'42]. La demande attentionnelle et physique de ces actions de contrôle était soulignée par les participants « t'es obligé d'être vigilant tout le temps (...) c'est un truc hyper important donc ça prend pas mal d'énergie, après l'autre truc c'est que physiquement c'est hyper dur quoi, t'as des crampes aux avants bras (...), aux jambes » [P9_27'40].

Le contrôle de la stabilité longitudinale était présenté par les participants comme mis à l'épreuve par deux sources de perturbation particulières : le passage dans les vagues et les accélérations du bateau. Elles étaient associées à des modalités de contrôle ayant en commun l'intention sous-jacente de conserver le foil immergé et le bateau en vol. Lors du passage du bateau dans une vague le foil a tendance à poursuivre sa trajectoire. En l'absence d'action de l'équipage ou de mécanisme d'asservissement pouvant équiper certains bateaux, cela engendre une diminution temporaire de la hauteur de vol lors du passage de vague, et une augmentation temporaire de la hauteur de vol dans le creux des vagues. Les accélérations modifient quant à elles la portance des foils. En l'absence d'action de l'équipage ou de mécanisme d'asservissement, elles produisent une « montée » du bateau (*a contrario* les décélérations provoquent une « descente » du bateau). Le contrôle du bateau dans les vagues comme dans les accélérations suppose donc la combinaison d'actions visant à contrôler conjointement les variations de hauteur du bateau et les variations de puissance dans les voiles. Pour les participants, cela exigeait, d'une part, des réglages des foils adaptés aux conditions de vent et de mer : « un réglage 'bow down' [réglage des foils pour que le bateau vole avec les étraves orientées légèrement vers le bas] c'est très dur à tenir dans les vagues, parce que tu peux enfourner d'un coup » [P6_37'43], « tu descends un peu la baguette en fait tu vas plus bas (...) c'est juste pour éviter quand il y a des trous de sortir » [P9_10'50]. Cela imposait, d'autre part, des actions complexes de conduite, de déplacements longitudinaux et de border/choquer de voile. Ces actions pouvaient être combinées dans le cas de la navigation en solitaire « en gros tu vas border fort pour descendre la vague et essayer que ça colle et une fois que le bateau hop il s'est remis dans ses lignes hop tu rechoques et tu réaccélères (...) en termes de position quand tu vois que ça va merder (...) tu recules pour faire lever le nez » [P9_10'50], ou partiellement dissociées dans le cas de navigation en double « à la barre tu places le bateau dans les vagues et l'équipier il les contre ces vagues » [P6_48'51].

De plus, les expériences-types décrites par les pratiquants, associées aux actions de contrôle et de régulation du vol traduisaient une recherche de compromis « prise de risque/stabilité ». La recherche de vitesse sur les supports à foil est associée à la stabilité du

vol d'une façon paradoxale : d'une part, il est nécessaire que le vol soit stable pour que le bateau aille vite ; d'autre part chercher à faire accélérer le bateau déstabilise le vol et accroît le risque de décrochage des foils (engendrant une retombée brutale du bateau, ou « crash »). Ainsi, les participants ont évoqué une recherche permanente de compromis entre la prise de risque de déstabiliser le vol en allant plus vite, et le contrôle de la stabilité de vol à vitesse moindre. Cette prise de risque était étroitement associée aux conséquences d'un éventuel « crash » (blessures ou bris de matériel) : « ça va tellement vite sur ces bateaux-là qu'on a toujours peur de se blesser, et là je pense, on pense toujours matériel mais on pense beaucoup aussi à soi » [P5_37'53]. Elle pouvait aussi bien être associée à la perte de positions en régates : « des fois tu prends le risque d'aller un peu moins vite que le copain, mais [cela permet] d'assurer le fait d'arriver en bas quoi, voilà c'est un compromis à faire » [P9_30'57]. Pour certains participants, il s'agissait de « trouver cette petite limite au maximum sans se mettre en danger » [P5_14'52], ce qui suppose dans certains cas de modifier les réglages ou d'adapter son comportement afin de limiter la capacité du bateau à accélérer : « dès qu'il y a de la mer formée ça devient beaucoup plus technique et la moindre erreur de déplacement peut se payer cash (...) on diminue un peu la puissance du bateau et sa capacité à accélérer » [P6_23'38]. Pour autant, si la préoccupation des pratiquants était d'éviter les décrochages des foils, ils ont souligné que ces derniers pouvaient parfois être anticipés sans toutefois être contrôlés. La spécificité des expériences-types de décrochage est la soudaineté de leur apparition et l'impossibilité de rattraper un bateau qui décroche, ainsi que l'ont souligné certains participants : « vu qu'il [le bateau] dérape comme ça [lors d'un décrochage] faut essayer d'aller dans le même sens mais en général t'arrives pas vraiment à le rattraper (...) c'est déjà trop tard » [P8_08'34] ; « tu vois pas le truc venir et là tu prends un grosse boîte, des fois tu te dis bah là je vais me la prendre mais souvent t'as pas le temps, souvent tu les prends sans les voir venir » [P9_28'35] ; « [dans le clapot] on peut vite se faire surprendre, avec une touchette [de la carène contre la surface de l'eau] on fait vite un arrêt buffet quoi » [P10_12'20]. Pour les participants, la réaction au décrochage ne peut alors consister qu'à laisser faire le bateau en espérant qu'il se restabilise de lui-même « t'essayes de faire corps avec le bateau pour que ça reparte » [P9_29'09], ou à prévenir la violence de la décélération lors de l'impact des coques avec l'eau, pouvant se conclure par l'éjection de l'équipage « Tu te fais éjecter et tu ricoches sur l'eau » [P9_29'09].

Les expériences-types de contrôle du vol révèlent donc une recherche permanente de compromis entre « agir plus ou agir moins » pour stabiliser le bateau, et un compromis entre atteindre une vitesse maximale et limiter la prise de risque accompagnant cette recherche de

vitesse. Cette recherche de compromis est constamment mise à l'épreuve par les variations de vent et de vagues. Les grandes vitesses atteintes par ces bateaux et les risques physiques et matériels associés à une perte de contrôle du vol marquent fortement les expériences-types des pratiquants.

4.2 Principes d'interprétation des états de stabilité de vol et de l'efficacité de son contrôle

L'interprétation par les participants des états de stabilité de vol et de leurs variations consiste en la mise en relation de sept catégories d'éléments. Ces catégories ont été construites à partir de l'analyse des éléments mobilisés dans les chaînes interprétatives apparaissant dans le discours des participants, et qui étaient communes à l'ensemble des participants. Trois formes de relations entre les catégories d'éléments sont identifiables, formant un réseau d'éléments interdépendants, explicatifs des états de stabilité de vol du pour les participants.

Les catégories d'éléments mobilisés par les participants pour interpréter les états de stabilité de vol et leurs variations

Les sept catégories d'éléments mobilisés dans le discours des participants comme des « conditions » et/ou comme des « effets » pour expliquer les états de stabilité de vol et leurs variations concernent respectivement :

- (a) le comportement du bateau (BAT) : cette catégorie regroupe les différentes occurrences de comportements typiques du bateau en navigation. Elle concerne la spécification des variations d'assiette latérale ou longitudinale, de vitesse et de hauteur de vol ;
- (b) l'allure de navigation (CAP) : cette catégorie regroupe les différentes spécifications des trajectoires du bateau par rapport au vent (e.g., navigation au près, au large, au travers) ;
- (c) la contrôlabilité du bateau (CNT) : cette catégorie regroupe les expériences des participants associées à leur capacité à contrôler le comportement du bateau. Elle concerne notamment la spécification de la « facilité » du bateau, du « risque » de perdre le contrôle et de la « pression temporelle » à laquelle sont soumises les actions de régulation de la stabilité de vol du bateau ;
- (d) l'environnement (ENV) : cette catégorie regroupe les variations de conditions de vent, de mer ou la présence ou non d'autres bateaux sur le plan d'eau ;

- (e) la mobilisation des commandes (CMD) : cette catégorie regroupe les actions dynamiques sur les commandes des voiliers (e.g., écoutes des voiles, barre), ainsi que les déplacements ;
- (f) les spécificités mécaniques (MEC) : cette catégorie regroupe les éléments mécaniques spécifiques des bateaux (ex. type de bateau, forme et réglages des foils, des voiles et du grément, points d'applications des forces hydrodynamiques et aérodynamiques) ;
- (g) l'activité de l'équipage (ACT) : cette catégorie regroupe les éléments concernant l'activité perceptive et intentionnelle de l'équipage : les perceptions, les décisions et la communication au sein de l'équipage.

Dans les discours des participants, ces catégories peuvent être associées pour expliquer les états de stabilité de vol et leurs variations. Elles forment ainsi des réseaux de relations que nous présentons dans la Figure 4.

Des réseaux de catégories interdépendantes révélant une appréhension systémique de la stabilité de vol chez les participants

Les résultats de l'analyse des relations entre les éléments ressortant des catégories mobilisées dans les chaînes interprétatives mettent en évidence : (a) des réseaux de relations entre catégories qui varient entre les participants ; (b) trois formes de relations entre les catégories ; (c) une interdépendance des éléments mécaniques et des éléments liés à l'activité des pratiquants ; et (d) une prise en compte du comportement du bateau comme élément explicatif de ses propres variations de comportement.

Les réseaux de relations mis au jour sont présentés dans la figure 4. Chaque flèche correspond à l'expression d'une relation entre une catégorie de conditions et une catégorie d'effets dans les connaissances du participant. Par exemple pour la participante 5, la relation entre la catégorie ENV et la catégorie BAT est exprimée dans une seule direction condition-effet (flèche allant de ENV vers BAT) ; la relation entre les catégories BAT et ACT est exprimée dans les deux directions (flèche allant de BAT vers ACT et flèche allant de ACT vers BAT) ; et la relation de la catégorie BAT avec elle-même est exprimée par une boucle rétroactive (boucle partant de, et revenant à BAT). En revanche, pour cette participante la relation entre ENV et CMD n'a pas été exprimée, tandis qu'elle le fut par exemple pour les participants 6 et 7.

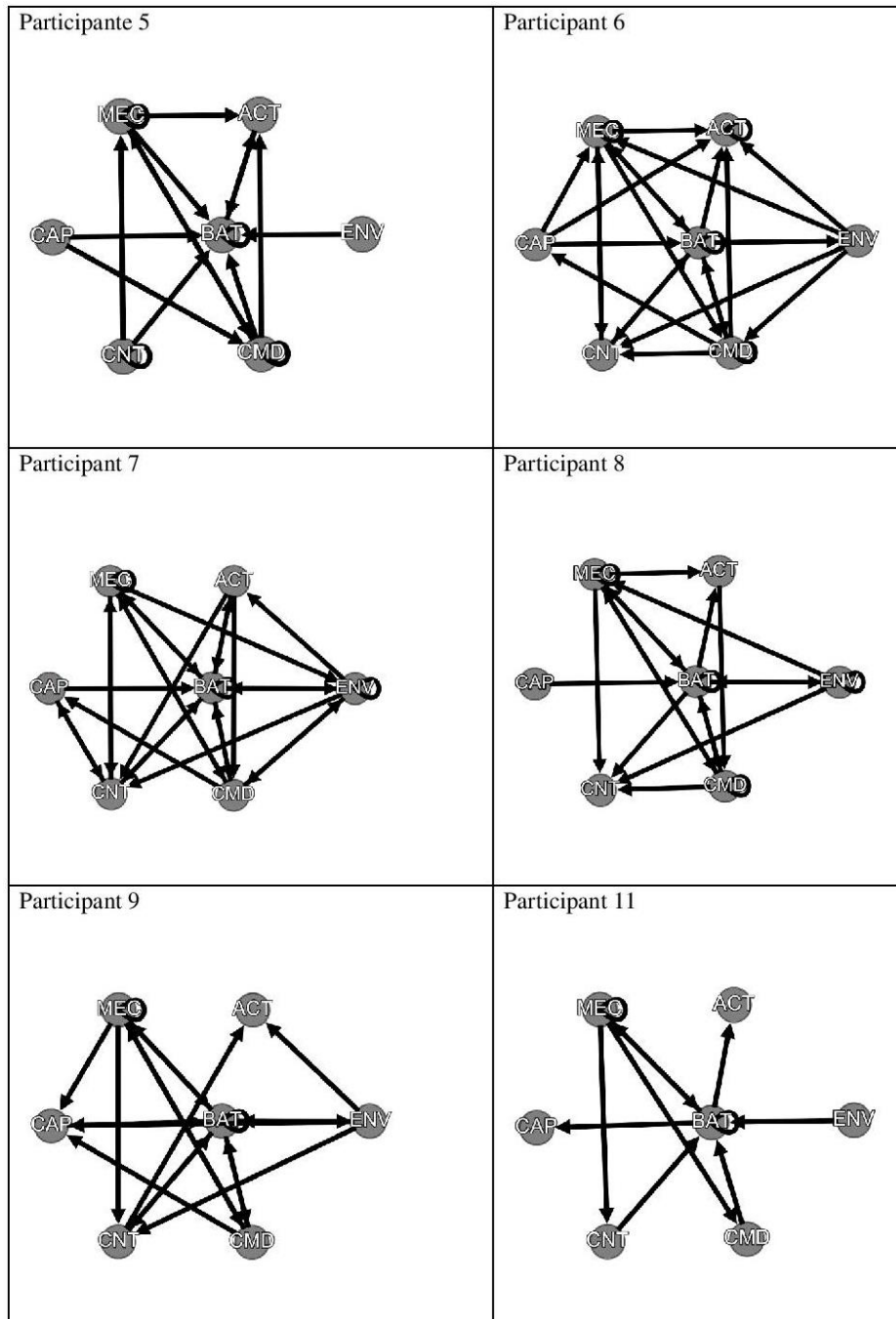


Figure 4. Représentation graphique des relations entre les catégories mobilisées dans les chaînes interprétatives pour les participants 5, 6, 7, 8, 9 et 11. BAT : comportement du bateau ; CAP : allure de navigation ; CNT : perception de la contrôlabilité du bateau ; ENV : variations du vent, état de la mer, obstacle ; CMD : mobilisation des commandes ; MEC : éléments et phénomènes mécaniques ; ACT : activité perceptive et intentionnelle de l'équipage.

L'analyse des relations entre catégories met en évidence des réseaux variés de relations entre éléments explicatifs des états de stabilité de vol chez les six participants. Cette

variété s'exprime par le nombre de mises en relations, allant de 11 relations entre catégories pour le participant 11, à 28 relations entre catégories pour le participant 7.

Cette variété s'exprime aussi par la diversité des formes de mises en relation entre ces éléments. Les relations entre catégories prennent en effet trois formes différentes :

- Unidirectionnelles : les relations unidirectionnelles apparaissent lorsque les relations entre des conditions et des effets n'existent que dans la direction condition - effet. Par exemple la catégorie CAP n'entretient que des relations unidirectionnelles avec la catégorie BAT pour les participants 5, 6, 7, 8 et 11.
- Réciproques : les relations réciproques apparaissent lorsque la relation entre condition et effet apparaît dans les deux directions. Une catégorie peut regrouper des conditions en relation avec une catégorie d'effets, cette catégorie étant à son tour condition de la première. Par exemple, les participants 6, 7, 8, 9 et 11 expriment une relation réciproque entre les catégories BAT et MEC.
- Rétroactive (ou en boucle fermée) : les relations rétroactives apparaissent lorsqu'une même catégorie est la condition d'un effet sur elle-même. Par exemple, des relations rétroactives sont exprimées par l'ensemble des participants pour la catégorie BAT et la catégorie MEC. (Figure 4).

Enfin, du point de vue des participants, le comportement du bateau est un élément explicatif systématique des variations de comportement du bateau (et il en est de même pour le fonctionnement mécanique – aérodynamique et hydrodynamique – du bateau). Par exemple, une variation d'assiette du bateau produit une variation de la vitesse du bateau, qui produit une variation des assiettes. De plus, la catégorie BAT est toujours en relation avec l'environnement, et pour les participants 7, 8 et 9 cette relation est réciproque. Ils considèrent que l'environnement conditionne le comportement du bateau (e.g., une augmentation de la force du vent réel modifie la vitesse et/ou les assiettes du bateau), et qu'en retour le comportement du bateau modifie son environnement (e.g., une augmentation de la vitesse du bateau modifie les conditions environnementales en provoquant une variation du vent apparent).

Ces résultats mettent en évidence que la stabilité de vol du point de vue des participants est associée à des expériences-types de reconnaissance du comportement du bateau et de son contrôle, imprégnées de dimensions sensorielles et émotionnelles. L'analyse des principes d'interprétations met par ailleurs en évidence un consensus exprimé par les participants sur le caractère complexe et multifactoriel de la stabilité de vol.

5 Discussion de l'Étude 1

Cette étude visait à appréhender l'émergence d'une culture technique propre à un nouveau mode de navigation à voile, la navigation volante, en interrogeant les connaissances relatives à la notion de stabilité de vol de pratiquants et praticiens « pionniers » de ce mode de navigation.

5.1 La stabilité du vol : un phénomène complexe échappant en partie au modèle explicatif classique de la performance des voiliers dans la littérature technique

Les résultats portant sur les principes d'interprétation mettent en évidence que du point de vue des connaissances des participants, la stabilité du vol d'un voilier à foil est un état précaire qui émerge d'un réseau d'éléments respectivement associés au système mécanique considéré, à l'équipage et à la situation de navigation. Le système de relations mis en évidence dans le discours des participants diffère, de ce point de vue, du modèle explicatif qui prévaut classiquement dans la documentation technique du domaine, et mobilisé dans la formation des régatiers et des entraîneurs en voile. Ce modèle, considérant la voile comme un « sport mécanique », pose les conditions physiques de la performance des voiliers (aérodynamiques et hydrodynamiques) comme des conditions fondamentales à respecter par les pratiquants, grâce à leur mobilisation des commandes et des réglages du voilier, cette mobilisation dépendant elle-même de comportements appropriés (e.g., Chéret, 2006 ; Gouard, 1988 ; Saury, 1990). Ainsi, ce modèle postule des relations causales linéaires entre (a) les comportements et l'activité de l'équipage, (b) leurs conséquences en termes de mobilisation des commandes et des réglages, et (c) leurs effets sur les comportements et les performances du bateau (du fait des « lois » aérodynamiques et hydrodynamiques expliquant le fonctionnement d'un voilier).

De plus, la complexité du fonctionnement des voiliers à foils, telle qu'elle apparaît dans les principes d'interprétation de la stabilité de vol mobilisés par les participants s'exprime par la rétroactivité des effets du comportement du bateau sur son propre comportement, qu'ils évoquent dans leurs discours. Le comportement du bateau est conçu comme n'étant pas simplement commandé par l'équipage car pour les participants, une partie de ce comportement est liée à l'histoire de la relation dynamique entre le bateau, l'environnement et l'équipage. Bien que l'équipage par ses actions puisse modifier la relation entre le bateau et l'environnement, en agissant sur les voiles ou sur les réglages, l'effet de ces actions sur le comportement du bateau dépend non seulement de l'action effectuée et des conditions environnementales au moment de l'action, mais également du comportement du

bateau à l'instant précédent. Le fonctionnement du système voilier-équipage-environnement apparaît dans le discours des participants comme doté d'une propriété d'irréversibilité (un comportement nouveau émergeant à chaque instant à partir du comportement passé), et d'autonomie (le comportement du bateau à un instant donné n'est pas uniquement le produit de stimulations d'une source externe).

Les expériences-types exprimées par les participants révèlent leur appréhension de la navigation sur des voiliers volants comme relevant du fonctionnement de systèmes auto-organisés. Ces expériences-types les amènent à associer le vol à ce que l'on peut considérer comme une « mise en tension » du système bateau/équipage. Cette tension est régulée par l'équipage qui doit à la fois être « maître du bateau » pour le contrôler et avoir des actions efficaces, mais en même temps « laisser vivre » le bateau pour que celui-ci ait une relation optimale avec son environnement. La variation de cette tension est mise en évidence, (a) à travers les expériences-types de vol stable mais non rapide, lorsque l'équipage configure le bateau de manière à accroître son contrôle, au détriment de l'efficacité hydrodynamique et aérodynamique de celui-ci, et (b) lorsque le maintien de la stabilité suppose une augmentation des amplitudes d'action de l'équipage. Dans ce cas, l'équipage « lutte » avec le bateau pour le maintenir à chaque instant dans ses lignes et éviter que le comportement de ce dernier ne compromette la viabilité du vol. L'augmentation ou la diminution de cette tension modifient également la perception de l'environnement par l'équipage, qui est plus sensible à celui-ci lorsque la tension diminue. En ce sens, le maintien de la stabilité de vol s'apparente au maintien d'un système dans un état métastable, c'est-à-dire un système « *surtendu, [dont] les éléments qui le composent sont en tension permanente* » (Debaise, 2004 p. 103) ce qui entraîne que de moindres modifications des paramètres du système suffisent à rompre cet équilibre (Combes, 1999).

La navigation sur voilier volant apparaît donc, pour les participants à cette étude, comme une navigation de compromis, entre, d'une part, « chercher à stabiliser le vol mais sans atteindre la vitesse maximale possible pour le bateau », et d'autre part, « augmenter le potentiel de vitesse du bateau en acceptant le risque de rendre la stabilité du vol plus précaire et sensible à diverses sources de perturbation ». Cette recherche de compromis s'accompagne d'expériences-types ayant une tonalité émotionnelle forte pour les participants. La qualification de la stabilité de vol est ainsi associée à des sensations plus ou moins agréables. Si un bateau stable permet d'être sur « son petit nuage », un bateau instable est associé à des émotions pouvant être qualifiées de « négatives » (i.e., peur, appréhension). L'expérience-type vécue par les pratiquants de bateaux qui « décrochent soudainement », engendrant des

dommages qui peuvent être de l'ordre du résultat en régate, mais également matériels et humains, participe nécessairement à la tonalité émotionnelle d'un vol à haute vitesse lorsque le contexte de navigation accroît les risques de perte de contrôle (e.g., vagues, fortes variations de vent). Ces expériences-types résonnent avec la « culture du vertige », discutée par Lacombe (2002) à propos de l'évolution de la planche à voile : la relation avec le support ne se limiterait pas à une recherche d'angle optimal par rapport au vent pour optimiser la poussée vélique, mais se combinerait à une recherche de sensations procurant des émotions, parfois prégnantes dans l'activité. Cette dimension, bien qu'existant implicitement dans les différentes pratiques de voile légère, n'est à ce jour que peu formalisée dans les documents techniques de référence (e.g., Chéret, 2006).

Les résultats de notre analyse nous permettent de suggérer que, du point de vue des connaissances des participants, la stabilité de vol est une forme de comportement du bateau qui émerge d'un processus dans lequel la relation entre l'équipage et le bateau ne se limite pas aux dimensions mécaniques de « mise en forme » du bateau par des actions sur les commandes. Cette relation équipage-bateau est plutôt une relation de codétermination d'opportunités d'actions entre l'équipage et le bateau, intégrant des dimensions émotionnelles, et émergeant de l'incorporation par l'équipage du comportement dynamique du bateau (Malafouris, 2019; Warnier, 1999).

5.2 La voile volante comme révélateur de dimensions jusqu'alors implicites dans la culture technique de la voile légère

Les résultats de nos analyses mettent en évidence des dimensions de l'activité de navigation jusqu'à présent peu formalisées dans les ouvrages techniques sur la navigation en voile légère. Bethwaite (2013) souligne que les connaissances des pratiquants en termes de conduite d'un bateau ont été jusqu'à récemment un « non-sujet ». Les expériences-types et les principes d'interprétation exprimés par les participants à cette étude révèlent en particulier la relative autonomie qu'ils accordent à la dynamique du comportement du bateau. D'un point de vue mécanique, ces expériences pourraient en partie être expliquées par certaines caractéristiques de la relation entre les voiliers et leur environnement physique (la masse d'eau et la masse d'air à l'interface desquelles ils évoluent), qui sont modifiées par les évolutions technologiques permettant aux voiliers d'atteindre de très hautes vitesses (très supérieures à la vitesse du vent). De ce point de vue, Püschl (2018) évoque le cas du « *high speed sailing* ». Celui-ci se traduit par la capacité des voiliers rapides (e.g., voiliers volants) à s'extraire largement des contingences des variations hydrologiques (e.g., courants), et des

variations aérologiques (e.g., variations du vent réel en force et en direction), en produisant leur propre vent (i.e., le vent apparent) grâce à leur vitesse de déplacement (Püschl, 2018). En effet, plus la vitesse du bateau est élevée, moins les variations de vent réel produisent de variations du vent apparent. Ainsi, comparativement à un voilier à déplacement plus classique, un voilier rapide accroît son autonomie par rapport à son environnement aérodynamique en créant son propre vent. De plus, en s'élevant au-dessus de l'eau, la relation entre le bateau porté par des foils et son environnement hydrologique est modifiée : lorsque la coque d'un bateau est en contact permanent avec l'eau, l'équilibre du bateau dépend de la surface du plan d'eau : « *le passage d'une vague, modifiant la surface liquide, transforme la carène, et se faisant, déplace son centre [de carène]* » (Chéret, 2006, p. 426) ; « *la carène s'incline selon le dessin instantané de chaque vague* » (Chéret, 2006, p. 429) ; en s'élevant sur les foils, l'équilibre du bateau n'est plus contraint par la forme des vagues ni par les chocs du clapot, ceux-ci n'ayant pas d'influence directe sur la portance des foils. La portance des foils dépend de leur angle d'incidence, défini par les réglages, les assiettes du bateau et de la vitesse. Le voilier à foils accroît donc également son autonomie par rapport à son environnement hydrologique, en comparaison d'un voilier non volant.

Ainsi, dans le domaine de la voile légère, l'adjonction de foils sur les voiliers semble prolonger les évolutions technologiques observables au cours des dernières décennies portant sur les formes de carènes et l'utilisation de matériaux plus légers. Un voilier rapide et léger gagne en « autonomie relative » par rapport à son environnement physique tout en devenant également dans le même temps plus sensible au comportement de l'équipage. Le caractère saillant de ces propriétés semble amplifié dans le cas de la navigation sur des voiliers à foils, ainsi que cela ressort de l'analyse des expériences-types et des principes d'interprétation de la stabilité de vol dans le discours des participants à cette étude. Notre analyse met au jour et spécifie les caractéristiques de l'« incorporation » de la dynamique du bateau par l'équipage. Cette incorporation de la dynamique de l'objet (Warnier, 1999) est déjà à l'œuvre en voile non volante, ainsi que le soulignent Julien et Rosselin (2005, p. 4) : « *c'est en barrant, en marchant sur le pont, en choquant ou en bordant les voiles, en ressentant les interactions entre le corps qui agit et le bateau qui bouge que le bateau est progressivement incorporé* ». Pour autant, on peut avancer l'hypothèse que cette dimension demeure essentiellement en arrière-plan des activités opératives de pilotage du bateau dans l'expérience des équipages sur des voiliers classiques, ainsi qu'en témoigne l'absence de sa thématisation dans la littérature technique (e.g., Chéret, 2006). Nos résultats accréditent l'idée que celle-ci passe au premier plan dans l'expérience de navigation en voile volante. Par ailleurs, cette incorporation

s'accompagne d'après notre analyse d'une dimension émotionnelle pleinement constitutive des jugements perceptifs et des expériences-types rapportés par les participants. Cette dimension a jusqu'à présent été peu décrite dans les ouvrages techniques de navigation en voile non volante. Nous avançons l'hypothèse que cette dimension est cependant implicitement présente dans l'expérience des pratiquants en voile non volante, et plus particulièrement dans les conditions extrêmes de navigation (e.g., vent très fort, mer très agitée), et/ou dans l'activité d'optimisation de leurs performances chez des compétiteurs de haut niveau. Chéret (2006) cite par exemple Philippe Presti²⁰ à propos de la technique de navigation pour descendre les vagues dans le vent fort en Laser²¹ : « *Si vous abattez en fausse panne, vous conservez le maximum de vitesse, donc le moins de pression sur la voile et c'est le grand pied : tout vibre, vous volez* » (Chéret, 2006, p. 439). Dans ces conditions la recherche de compromis entre avoir un bateau tolérant ou avoir un bateau performant était également déjà présente, notamment pour « *s'accommoder du désordre de la mer* » (Chéret, 2006, p. 199).

6 Conclusion de l'Étude 1

Cette étude visait à appréhender les relations entre le développement d'innovations technologiques (dans le cas présent, l'adjonction de foils sur une grande variété de voiliers), et la transformation de la relation entre les navigateurs et le voilier du point de vue de la culture technique d'un groupe de « pionniers » de la voile volante.

Nos résultats accréditent l'hypothèse de l'émergence d'une culture technique « locale » (Theureau, 2015) au sein du groupe des participants à l'étude. Nous pouvons spéculer que cette émergence s'opère au sein de la communauté restreinte des pratiquants et des praticiens de la voile volante. Dans le domaine plus large de la voile sportive, sans véritablement constituer une « révolution » (Havard, Seray & Verneuil, 2018), le développement de la navigation sur des voiliers volants est de nature à contribuer au développement de cette culture technique, en accordant une importance accrue à certains aspects de cette pratique, jusqu'à présent peu formalisés dans la littérature technique et non thématiques dans la culture technique « indigène » des pratiquants. Cette contribution de l'apparition de nouveaux supports à la transformation de la culture technique d'un groupe

20 Au moment de la publication de l'ouvrage de Chéret (2006), Philippe Presti incluait déjà dans son palmarès deux titres de champion du monde de Finn, deux sélections olympiques (en Finn et en Soling) et une 5^{ème} place aux championnats du monde de Star.

21 Le Laser est un dériveur solitaire faisant partie des séries olympiques, et notoirement considéré comme voilier « lent » en comparaison des autres voiliers constituant les séries olympiques.

d'utilisateurs plus large a été présentée par Bethwaite (2013), qui constatait que les techniques développées par les utilisateurs de Patikis en Nouvelle-Zélande étaient également efficaces sur tous types de bateaux. Si le développement de ces techniques était associé à l'utilisation de bateaux de plus en plus rapides, l'appropriation de ces techniques bénéficiait à l'ensemble des navigateurs. Dans le domaine de la voile volante, trois aspects deviennent plus saillants dans l'expérience des pratiquants. Le premier concerne une appréhension étendue et hybride du bateau, intégrant de façon systémique des composantes matérielles et des composantes humaines, dans des relations de sensibilité mutuelle, et dans une « tension » coopérative / compétitive permanente. Le deuxième concerne une autonomie relative du bateau en tant que système mécanique, dont la vitesse contribue à façonner un environnement physique (aérogique et hydrologique) propre, ce qui lui confère une certaine agentivité du point de vue de l'expérience des pratiquants. De ce point de vue, le bateau n'est pas un système mécanique inerte, mais présente des « propensions » (Jullien, 1992) à se comporter de telle ou telle façon dans telle ou telle situation, en fonction des conditions de vent et de mer et de l'histoire de son propre comportement. Le troisième concerne la prégnance des dimensions émotionnelles dans les expériences-types associées à la stabilité de vol et aux conditions de son contrôle, portant l'empreinte d'une gestion permanente du risque de perte de contrôle du vol (e.g., décrochage des foils), laquelle présente des dangers objectifs pour l'intégrité physique des équipiers et du voilier.

En même temps que cette première étude nous a permis de conclure en soulignant une évolution de la relation entre navigateurs, bateau et environnement du point de vue de la culture technique de pratiquants et praticiens, elle nous a ramené à un état de « doutes, constat d'ignorance et questionnements » (Theureau, 2006, 2015) relatifs à la compréhension du fonctionnement d'un voilier volant et de son équipage en situation. Dans la continuité de cette première étude, l'Étude 2 visait à appréhender d'un point de vue opérationnel les différentes formes d'interaction entre humains, système mécanique et environnement sur un catamaran en double, en se focalisant sur l'analyse minutieuse de l'activité d'un équipage de Nacra 17 lors d'une session d'entraînement.

CHAPITRE 6 Analyse de l'activité collective d'un équipage expert sur un bord de reaching : des formes d'interaction associées à différents états de stabilité du vol ²² (Étude 2)

1 Introduction de l'Étude 2

Ainsi que nous l'avons souligné dans la Première Partie, dans le domaine des sciences du sport, la coordination interpersonnelle entre des coéquipiers au sein d'équipes sportives a été l'objet de travaux de recherche conduits selon trois grandes approches théoriques : l'approche socio-cognitive, l'approche éco-dynamique et l'approche enactive (Araújo et Bourbousson, 2016). La plupart de ces études se sont focalisées sur les dimensions cognitives, comportementales et phénoménologiques de la coordination entre coéquipiers. Ce faisant, les relations entre les coéquipiers, leur équipement sportif partagé et l'environnement de ce système ont souvent été négligées. Dans cette étude, nous faisons référence à la notion « d'équipement sportif partagé » pour désigner un équipement avec lequel les corps des coéquipiers sont conjointement en contact dans le cours de leur activité collective. D'après cette définition, un bateau sur lequel sont embarqués des coéquipiers est un équipement sportif partagé, tandis que, par exemple, les raquettes de tennis de joueurs en double ne relèvent pas de cette catégorie. Récemment des travaux qui se sont intéressés à l'étude de la coordination entre rameurs sur des bateaux d'aviron ont encouragé une prise en compte du rôle spécifique des équipements sportifs partagés dans la coordination de coéquipiers lorsque ces équipements sont sensibles à l'activité des sportifs (e.g., Millar *et al.*, 2013 ; R'Kiouak *et al.*, 2016, 2017). Un bateau d'aviron ou un catamaran léger sont sensibles à l'activité de leur équipage dans la mesure où chaque mouvement de chaque coéquipier altère l'équilibre, les mouvements et la trajectoire du support. En revanche, un terrain de football bien qu'il soit physiquement partagé par les corps des joueurs, est peu sensible à leur activité, tout au plus la pelouse sera marquée par les courses des joueurs. L'Étude 1 a révélé que du point de vue de la culture propre des acteurs de la voile volante, la relation entre le navigateur et le bateau est une relation systémique, ce système se distinguant de son environnement du point de vue de chaque membre de l'équipage, ou du point de vue d'un observateur extérieur. A travers cette Étude 2, l'objectif était de mettre en évidence les différentes formes d'interaction permettant

²² Cette étude a donné lieu à une publication : Terrien, E., Huet, B., Iachkine, P., & Saury, J. (2020). Coordination between Crew Members on Flying Multihulls: A Case Study on a Nacra 17. *Journal of Sports Science & Medicine*, 19(2), 298.

l'émergence de coordination entre humains (les coéquipiers) et système mécanique (le catamaran) dans un environnement dynamique (le vent, les vagues) à partir d'une analyse de la dynamique locale de ces interactions.

2 Les différentes perspectives d'étude du rôle de l'équipement sportif partagé dans la coordination collective en sport

Pour rappel, les études qui ont été conduites dans le cadre d'une approche socio-cognitive de la coordination collective se sont principalement focalisées sur la mise en évidence de *modèles mentaux partagés* (Cannon Bowers, Salas et Converse, 1993 ; Eccles et Tennenbaum, 2004) ou d'une *conscience partagée de la situation* (Cooke *et al.*, 2004), comme dimensions explicatives essentielles de la coordination et de la performance collectives. Selon cette approche, la coordination au sein d'une équipe sportive repose sur les connaissances de chacun des membres de l'équipe dont une partie doit être partagée par les membres en interaction pour permettre une bonne coordination. Dans ce cas, l'environnement des acteurs (et donc le matériel sportif partagé) est réduit à une source « inerte » d'indices dont la compréhension doit être partagée par les acteurs pour se coordonner.

Les travaux ancrés dans une approche éco-dynamique soulignent le rôle joué par l'environnement dans la coordination collective. Cette approche articule des concepts fondamentaux de la psychologie écologique et de la théorie des systèmes dynamiques non-linéaires (Seifert et Davids, 2017). La psychologie écologique (Gibson, 1979) souligne la circularité du couplage perception-action dans l'explication de l'activité individuelle. De ce fait, l'unité d'analyse dans cette approche n'est plus l'individu ou le groupe d'individus, comme dans les approches socio-cognitives, mais le couple individu-environnement ou le couple groupe-environnement. La théorie des systèmes dynamiques non-linéaires consiste en un cadre théorique visant à étudier l'auto-organisation de systèmes complexes et l'émergence de tendances de coordination à des niveaux individuels et collectifs (Seifert et Davids, 2017). Selon les présupposés de cette approche, l'environnement, ou plutôt l'information perçue par les acteurs dans l'environnement compte-tenu de leurs caractéristiques individuelles et de leurs actions guidant leur perception, contraint l'activité de ces acteurs, permettant l'émergence d'activités individuelles et collectives coordonnées. Une étude en aviron de Millar *et al.*, (2013) a ainsi montré que la perception par les coéquipiers du comportement du bateau participe à leur coordination. Dans ce cas, l'équipement sportif partagé n'est plus une source « inerte » d'information mais joue un rôle actif en participant à l'auto-organisation

d'un système dont il est partie intégrante. Ces auteurs parlent alors de coordination « extrapersonnelle ».

Dans le prolongement de ces travaux, R'Kiouak (2017) a mis en évidence le rôle médiateur d'un équipement sportif partagé (i.e., un bateau d'aviron) dans la coordination de coéquipiers en aviron, en s'inscrivant dans une approche enactive des couplages sociaux. L'approche enactive, comme les approches écologiques et éco-dynamique, considère l'activité humaine comme émergeant du couplage acteur-environnement, tout en abordant ce couplage en accordant une primauté à l'organisation intrinsèque de l'activité de l'acteur. Tandis que les approches écologiques et éco-dynamiques centrent leurs explications sur la manière dont l'environnement contraint l'activité ou offre des possibilités d'action à un acteur, l'approche enactive vise la compréhension de la manière dont un monde propre émerge pour chaque individu (en relation avec d'autres individus) à partir de l'histoire des interactions entre l'acteur et son environnement (Baggs et Chemero, 2018). En étudiant l'activité de rameurs en aviron, R'Kiouak *et al.* (2016) ont mis en évidence que les rameurs parviennent à synchroniser leurs mouvements sans faire l'expérience de l'activité de leur partenaire. Selon ces auteurs, ce mode de coordination extrapersonnel s'explique par le fait que la structure de l'environnement partagé (i.e., notamment le bateau) joue un rôle *médiateur* dans régulation de la coordination. R'Kiouak *et al.* (2016, 2017) assimilent ce rôle médiateur de l'environnement au concept de *stygmérie* (Susi, 2016) permettant d'expliquer les phénomènes de communication indirecte entre insectes sociaux, qui se coordonnent à partir des traces d'activités (matière imprégnée de phéromones) laissées par les autres insectes dans l'environnement et servant d'ancrage informationnel pour guider l'activité de l'ensemble des insectes du groupe. Ces modes de coordinations extrapersonnels se distinguent de modes de coordination interpersonnels reposant sur la prise en compte mutuelle de leurs activités par les coéquipiers (Millar *et al.*, 2013 ; R'kiouak *et al.*, 2017).

La présente étude porte sur l'activité de coéquipiers sur un catamaran volant. Ce type de support présente des caractéristiques communes avec un bateau d'aviron en étant particulièrement sensible aux mouvements des coéquipiers. Cependant, alors qu'en aviron les deux rameurs réalisent un même un mouvement de rame qu'ils cherchent à synchroniser, sur le catamaran volant l'activité de chaque coéquipier dépend de son poste à bord, déterminant son accès respectif à différentes commandes. De plus, la relation entre le catamaran et son environnement joue un rôle fonctionnel crucial dans le déplacement du bateau, ce qui n'est pas le cas en aviron. En effet, le déplacement du bateau d'aviron dépend principalement de l'activité des rameurs tandis que les conditions environnementales, telles que le vent et le

clapot, sont des perturbations « non fonctionnelles » du fonctionnement du bateau. *A contrario* dans le cas d'un voilier, et en particulier dans le cas d'un catamaran volant, les conditions environnementales (i.e., les variations du vent, l'état de la mer) déterminent directement le fonctionnement aérodynamique et hydrodynamique du bateau, donc ses performances, d'une façon *en partie* indépendante de l'activité des coéquipiers. L'objectif de cette étude était d'identifier les différentes formes d'interaction entre coéquipiers, catamaran volant et environnement afin de mieux comprendre le rôle du catamaran dans la coordination de l'équipage.

3 Observatoire spécifique à l'Étude 2

3.1 Participants et sélection du cas

Cette étude de cas porte sur l'activité d'un équipage expert de la navigation en Nacra 17, un catamaran à foils de 17 pieds (5,25m), qui est la série olympique monotype destinée à des équipages doubles mixtes Homme-Femme. Les données de cette étude ont été recueillies en fin d'année 2017 à l'issue d'une saison de compétition pour un équipage alors membre de l'équipe de France et en préparation pour les Jeux Olympiques de 2020. L'équipage se composait d'une équipière de 25 ans et d'un barreur de 34 ans. Tous deux avaient accumulé plus de 10 ans d'expérience de régatiers au niveau national et international, dont 6 ans au sein de ce même équipage. Nous avons recueilli les données pour cette étude au cours d'un stage d'entraînement visant à tester différentes configurations de réglages de foils et à réaliser des mesures de vitesse, trajectoire et assiettes du bateau à l'aide d'un dispositif de mesures embarqué (i.e., centrale inertielle et GPS embarqués).

La séquence de navigation choisie pour mener cette étude de cas était un bord de *reaching*²³ d'une durée de neuf minutes. Sur ce bord, le barreur avait la charge de deux commandes du catamaran : la barre, permettant de diriger le bateau, et le charriot d'écoute de grand-voile, permettant de centrer plus ou moins le point de tire de l'écoute. L'équipière avait quant-à-elle la charge des actions sur l'écoute de grand-voile, permettant de réguler la force vélique (ainsi les deux coéquipiers agissaient conjointement sur l'écoute de grand-voile, dans des buts fonctionnels cependant distincts). En vol, les deux coéquipiers sont au trapèze, c'est à dire, tendus à l'extérieur du bateau en suspension à un câble relié au mât et simplement en appui sur le bord du bateau, afin d'exercer un couple de rappel équilibrant le couple de chavirage. Nous avons sélectionné ce bord de *reaching* comme séquence d'intérêt pour deux

²³ Le *reaching* désigne une allure de navigation vent de travers, c'est-à-dire un déplacement du bateau dans une direction perpendiculaire à l'axe du vent

raisons complémentaires. La première raison tient à ce que sur un bord de *reaching* la position des coéquipiers (au double trapèze), associée au partage de l'écoute et à la difficulté inhérente à cette allure pour maintenir un vol stable permettait *a priori* d'obtenir un grand éventail de formes d'interaction entre coéquipiers, catamaran et environnement. La deuxième raison est que l'équipage a indiqué que cette séquence avait été saillante dans leur expérience au cours de cette navigation compte tenu des difficultés vécues à maintenir le vol stable.

3.2 Recueil des données

Recueil de données in situ

Les données recueillies au cours de la navigation sont (a) des enregistrements audiovisuels obtenus à partir de caméras installées sur un bateau suiveur et sur le mat du catamaran, et (b) des données sur les assiettes du bateau, sa vitesse et sa trajectoire extraites d'une centrale de mesures installée sur le bateau. Les détails de ce recueil de données sont présentés dans l'observatoire (Chapitre 4).

Entretiens d'autoconfrontation

A l'issue de la session de navigation, des entretiens d'autoconfrontation ont été conduits avec les coéquipiers. Ce type d'entretiens est décrit dans l'observatoire (Chapitre 4). Ces entretiens ont duré une heure pour chaque coéquipier. (Pour la retranscription de ces entretiens, voir Annexe 6).

3.3 Analyse

L'analyse des données a été réalisée en trois étapes : (a) reconstruction et synchronisation des cours d'expériences ; (b) identification d'épisodes d'activité collective ; (c) catégorisation des formes d'interaction.

Reconstruction et synchronisation des cours d'expérience

Les verbalisations des coéquipiers durant les entretiens d'autoconfrontation ainsi que les conversations à bord ont été intégralement retranscrites.

Le processus de reconstruction des cours d'expérience est une démarche d'analyse compréhensive analytico-régressive et synthético-progressive (Sartre, 1960 ; Theureau, 2006) : elle est analytique dans la mesure où elle consiste à découper la totalité du cours d'action jusqu'à un instant donné, et régressive parce qu'elle part de l'avancement du cours d'action à cet instant et revient en arrière sur les différents moments de sa réalisation ; elle est

synthético-progressive car le découpage effectué cherche à rendre compte de la construction de l'expérience de l'acteur au fur et à mesure de son déroulement temporel « *comme si l'on ne connaissait pas la suite, la fin de l'histoire* » (Theureau et Filippi, 1994, p. 553). Ce découpage consiste en l'identification de signes hexadiques et de leurs composantes (voir Chapitre 4 pour plus de détails sur les composantes du signe hexadique). Nous avons réalisé cette analyse sur la base des verbalisations des coéquipiers au cours des entretiens d'autoconfrontation ainsi que sur une observation minutieuse des enregistrements audio-visuels des comportements l'équipage en navigation et des données mesurées par la centrale d'acquisition pour enrichir notre interprétation du récit des coéquipiers.

Une fois reconstruit les cours d'expériences individuels, nous avons procédé à leur synchronisation en utilisant comme référence l'enregistrement audio-visuel réalisé au cours de la navigation. L'objectif de cette synchronisation était de pouvoir examiner à chaque instant l'articulation des cours d'expérience des coéquipiers et de pouvoir établir des correspondances temporelles avec le comportement du bateau.

Identification d'épisodes d'activité collective

Nous avons procédé à l'identification des épisodes d'activité collective en considérant d'une part l'articulation des cours d'expériences des coéquipiers et d'autre part le comportement du bateau.

Au niveau de l'articulation des cours d'expérience des coéquipiers, nous avons identifié les transformations conjointes de la structure de préparation dans leurs cours d'expériences respectifs. Chaque transformation conjointe délimitait la fermeture d'un épisode ou d'une partie d'un épisode, et l'ouverture d'un autre épisode, ou de la partie d'un autre épisode. En effet, pour certains épisodes, la fermeture était temporaire et le même épisode se rouvrait plus tard dans les cours d'expérience des coéquipiers. 24 transformations conjointes des structures de préparation ont été identifiées, correspondant à 14 épisodes (Tableau 3 ; voir aussi Annexe 6 pour un détail du procédé d'analyse)

Nous avons réalisé la description du comportement du bateau sur la base de l'analyse des enregistrements vidéo ainsi qu'à partir des angles de gîte mesurés par la centrale d'acquisition.

Dans un premier temps nous avons identifié les épisodes au cours desquels le vol pouvait être considéré en situation « critique ». Cette situation correspond à des périodes dans lesquelles nous pouvions interpréter à partir du contexte que le bateau était à la limite de perdre le vol. Ces épisodes étaient repérés à partir de : (a) la description au cours des

entretiens d'autoconfrontation par les coéquipiers de perturbations majeures du vol, et (b) l'observation d'une des situations suivantes du comportement du bateau : un vol très haut avec les foils des safrans prêts à sortir de l'eau, un vol très bas dans une zone de vent faible, ou un bateau qui reprend brusquement contact avec l'eau. Cinq épisodes de vol critique ont été identifiés.

Dans un deuxième temps, nous avons analysé les épisodes restants en comparant les angles de gîte mesurés par la centrale d'acquisition de manière à les caractériser comme « stable » ou « instable ». Nous avons exclu de l'analyse tous les épisodes ou parties d'épisodes d'une durée inférieure à dix secondes. En effet il est impossible sur une courte durée de déterminer si une variation de l'angle de gîte est un fait isolé (compatible avec un vol stable) ou si cette variation correspond à un bateau oscillant de la gîte à la contre gîte sans se stabiliser. Pour chaque épisode ou partie d'épisode d'une durée supérieure à 10 secondes, nous avons calculé l'angle de gîte moyen et son écart type. Afin de déterminer un seuil pour distinguer un vol stable d'un vol instable, nous avons calculé l'écart type de l'angle de gîte sur une fenêtre glissante de 10 secondes pour l'ensemble du bord de reaching. Sur les 10 secondes au cours desquelles l'écart type était le plus élevé, celui-ci était de 7,88. Nous avons pris la moitié de cette valeur (i.e., 3,94) pour déterminer la limite entre un vol stable et un vol instable. Cette méthode nous a conduit à qualifier cinq épisodes de stables et trois épisodes d'instables. La durée de chaque épisode, l'angle de gîte moyen et son écart-type ainsi que la qualification du comportement du bateau en termes de vol critique, stable ou instable sont présentés dans le tableau 3. Les épisodes ou les parties d'épisodes ne correspondant pas à des moments critiques et ayant des durées inférieures à dix secondes ne permettant pas de les qualifier de stable ou instable, apparaissent comme « indéterminés » en termes de comportement du bateau.

Tableau 3- Vue d'ensemble de la segmentation des épisodes de coordination collective et du comportement correspondant du bateau, par ordre chronologique d'apparition

Épisodes de coordination collective	Durée (secondes)	Angle de gîte moyen (degrés) et écart type	Comportement du bateau
Épisode 1: Réagir à un coup de gîte pendant la phase de décollage	4	11.80±3,88	Critique
Épisode 2: Coordonner les actions sur le charriot et l'écoute pour réguler la stabilité pendant la phase de décollage	30	4.59±3,45	Stable
Épisode 3 (partie 1) : Anticiper une forte risée	7	0.94±1,48	Indéterminé
Épisode 4 : Réagir à une perte de contrôle	17	5.58±3,31	Critique
Épisode 5 (partie 1) : Reconstruire la vitesse de vol après une grande perte de vitesse	1	6.03±2,12	Critique
Épisode 6 (partie 1) : Partager l'interprétation de la perte de contrôle ayant eu lieu précédemment	17	9.22±3,89	Stable
Épisode 5 (partie 2) : Reconstruire la vitesse de vol après une grande perte de vitesse	17	0.77±4,23	Critique
Épisode 6 (partie 2) : Partager l'interprétation de la perte de contrôle ayant eu lieu précédemment	5	7.25±1,07	Indéterminé
Épisode 7: Coordonner les actions sur le charriot et l'écoute pour contrôler la stabilité de vol	23	3.25±2,65	Stable
Épisode 8 (partie 1) : Optimiser la stabilité latéral en restant en restant au <i>reaching</i>	91	3.58±4,49	Instable
Épisode 3 (partie 2) : Anticiper une forte risée	9	2.46±4,35	Indéterminé
Épisode 8 (partie 2) : Optimiser la stabilité latéral en restant en restant au <i>reaching</i>	37	2.80±4,65	Instable
Épisode 5 (partie 3) : Reconstruire la vitesse de vol après une grande perte de vitesse	5	2.68±7,23	Critique
Épisode 9 : Anticiper un croisement avec un autre bateau	16	4.37±3,08	Stable
Épisode 10 (partie 1) : Discuter de la position de l'équipière au trapèze pour optimiser la stabilité du vol	14	2.57±4,53	Instable
Épisode 11 (part 1) : Rechercher conjointement des solutions visant à résoudre un problème récurrent d'instabilité	7	4.80±2,73	Indéterminé
Épisode 12 : Réagir conjointement à un décrochage soudain des foils	4	9.18±3,87	Critique
Épisode 11 (part 2): Rechercher conjointement des solutions visant à résoudre un problème récurrent d'instabilité	40	8.42±4,46	Instable
Épisode 13 (part 1): Maintenir un vol stable	28	5.53±3,37	Stable
Épisode 10 (partie 2) : Discuter de la position de l'équipière au trapèze pour optimiser la stabilité du vol	22	4.20±4,24	Instable
Épisode 13 (partie 2) : Maintenir un vol stable	91	2.27±3,49	Stable
Épisode 14 (partie 1) : Réagir à une refusante ²⁴	7	2.58±2,04	Critique
Épisode 3 (partie 3) : Anticiper une forte risée	3	7.59±1,65	Indéterminé
Épisode 14 (partie 2) : Réagir à une refusante	14	4.41±4,54	Critique

²⁴ Un vent refusant est un vent qui tourne dans un axe non favorable à la marche du bateau.

Catégorisation des formes d'interaction

Nous avons catégorisé les formes d'interactions en deux temps. Dans un premier temps, nous avons synthétisé pour chaque épisode les structures de préparation, representamens et les unités de cours d'expérience des coéquipiers. Les épisodes présentant des similarités ont été regroupés dans une même catégories. Dans un deuxième temps, nous avons pris en considération le comportement du bateau : lorsque le comportement du bateau était qualifié de la même manière pour l'ensemble des épisodes d'une catégorie, celle-ci était conservée comme telle ; lorsque le comportement du bateau était qualifié différemment pour un ou plusieurs épisodes d'une catégorie, celle-ci était divisée en plusieurs catégories basées sur le comportement du bateau. Six catégories ont été identifiées, et correspondent à six formes d'interaction (tableau 4)

4 Résultats de l'Étude 2

L'analyse révèle six formes d'interaction impliquant les coéquipiers, le catamaran et l'environnement en lien avec le contrôle du vol par l'équipage. Le tableau 4 présente ces formes d'interactions accompagnées de la description des caractéristiques de chacune d'elle en termes de relation entre l'activité significative du point de vue des coéquipiers et le comportement du bateau.

Tableau 4- Vue d'ensemble des formes d'interaction.

Épisodes d'activité collective	Formes d'interaction entre équipage, bateau et environnement
Épisode 13	Forme 1 : Coordination de chaque coéquipier avec le bateau visant à maintenir la stabilité de vol
Épisode 3,9	Forme 2 : Communications verbales entre coéquipiers visant à anticiper des perturbations de la stabilité de vol
Épisodes 2,7	Forme 3 : Coordination entre coéquipiers visant à optimiser leurs actions respectives sur le bateau pour maintenir la stabilité de vol
Épisodes 8,10,11	Forme 4 : Coordination entre coéquipiers visant à trouver des solutions en réaction à la perception d'un vol instable
Épisodes 1,4, 5,12,14	Forme 5 : Coordination de chaque équipier avec le bateau pour reprendre le contrôle du vol en phase critique
Episode 6	Forme 6 : Communications verbales entre coéquipiers visant à construire une explication commune à propos de perturbations passées du vol

4.1 Forme 1 : Coordination de chaque coéquipier avec le bateau visant à maintenir la stabilité de vol

Cette forme d'interaction est caractérisée par des actions individuelles concomitantes de chacun des coéquipiers, dirigées vers le catamaran et ayant pour objectif de maintenir un

vol stable. Durant ces épisodes, les interactions entre coéquipiers n'étaient pas significatives de leur point de vue. L'épisode 13 représente cette forme d'interaction. Pour cet épisode nous avons qualifié le comportement du bateau de stable compte tenu des faibles variations d'angle de gîte : l'écart type de l'angle de gîte était de $\pm 3,37$ (durant la première partie de cet épisode) et de $\pm 3,49$ (durant la seconde partie de cet épisode).

Au cours de cet épisode, la structure de préparation de chaque coéquipier révélait une préoccupation commune pour la préservation d'un vol perçu comme stable. Ces phases de vol étaient décrites par les coéquipiers comme de « bonnes phases ». L'équipière les décrit dans les termes suivants : « *Là c'est une phase pas trop mal, je trouve que le bateau il est mieux calé avec le foil qui pousse un peu moins dessous (...) j'arrivais peut-être mieux à réguler* » [EQ_53`12]²⁵, et poursuit plus loin : « *[c'est] une phase plus facile qu'avant [de diminuer le rake]* » [EQ_54`50]. Au cours de cet épisode, les coéquipiers ajustaient leur activité aux mouvements du catamaran sans prendre en considération l'activité de leur partenaire. Aucune communication verbale n'est relevée durant ces phases de vol. En comparaison avec les autres formes d'interaction identifiées, ces périodes d'activité ont donné lieu à peu de verbalisations des coéquipiers lors des entretiens d'autoconfrontation.

4.2 Forme 2 : Communications verbales entre coéquipiers visant à anticiper des perturbations de la stabilité de vol

Cette forme d'interaction est caractérisée par des communications entre les coéquipiers relatives à leur perception de l'environnement du bateau (i.e., variations de vent, obstacle sur le plan d'eau). Les épisodes 3 et 9 représentent ces formes d'interaction. Compte tenu des durées inférieures à 10 secondes de chacune des parties de l'épisode 3, nous n'avons caractérisé le comportement du bateau à partir des variations d'assiette latérale que pour l'épisode 9. Pour cet épisode, nous avons qualifié le comportement du bateau de stable compte tenu des faibles variations d'angle de gîte : l'écart-type de l'angle de gîte était de $\pm 3,08$ pour cet épisode.

Au cours de ces épisodes, la structure de préparation des coéquipiers les prédisposait à réaliser une exploration visuelle du plan d'eau de manière à appréhender les risées ou les croisements avec d'autres bateaux. En effet, la « lecture » du plan d'eau par des navigateurs expérimentés leur permet d'identifier la propagation de risées sur le plan d'eau à partir de

²⁵ Ce codage renvoie aux retranscriptions des entretiens d'autoconfrontation dans l'Annexe 6. EQ renvoie à l'entretien de l'Équipier, BA renvoie à l'entretien du Barreur, et OB renvoie à la retranscription des conversations à bord.

l'observation de modification de la texture, de la couleur ou de la brillance de la surface de l'eau. Les communications verbales entre coéquipiers consistaient en de courtes annonces suivies d'une confirmation de la perception de l'événement à venir. Cet échange verbal entre le barreur et l'équipière illustre ce type de communication : « *Grosse risée dans ...* » [OB_01'52] ; « *J'ai [vu la risée]* » [OB_1'54]. L'intention sous-jacente à ce type de communication est de s'assurer que son coéquipier a perçu cette variation de l'environnement pouvant nécessiter une action conjointe d'adaptation de l'équipage pour anticiper ou réagir à une future perturbation du vol liée à cette variation.

4.3 Forme 3 : Coordination entre coéquipiers visant à optimiser leurs actions respectives sur le bateau pour maintenir la stabilité de vol

Cette forme d'interaction est caractérisée par des actions de chaque coéquipier sur des éléments spécifiques du catamaran de manière coordonnée. Contrairement à la forme 1, dans la forme 3 l'activité de chaque coéquipier était significative pour son partenaire. Les épisodes 2 et 7 représentent cette forme d'interaction. Dans ces épisodes, nous avons qualifié le comportement du bateau de stable compte tenu des faibles variations d'angle de gîte : l'écart type de l'angle de gîte était respectivement de $\pm 3,45$ et de $\pm 2,65$ pour les épisodes 2 et 7.

Au cours de ces épisodes, les structures de préparation du cours d'expérience des deux coéquipiers étaient congruentes. Elles concernaient la mobilisation de commandes du bateau dont l'interdépendance exige des actions coordonnées de l'équipage. Par exemple, l'écoute permettant de mobiliser la grand-voile est tenue par le barreur qui s'en sert pour actionner le charriot d'écoute (qui règle l'ouverture du plan de voilure par rapport à l'axe du bateau), et par l'équipière qui agit sur le palan d'écoute lui-même (qui règle le vrillage de la voile, et donc sa puissance). Ces actions conjointes sur l'écoute font varier la forme de la voile (chute plus ou moins tendue) et l'angle de la voile par rapport à l'axe longitudinal du catamaran, ces deux facteurs ayant des incidences sur la stabilité latérale du bateau. Durant ces épisodes, les actions réalisées par le barreur et l'équipière sur le bateau étaient mutuellement significatives. L'équipière a exprimé de la façon suivante sa perception des actions du barreur avec lesquelles elle cherchait à se coordonner : « *lui il touche à son charriot, moi je touche à ma grand-voile et euh, et j'arrive pas à vraiment bien me caler* » [EQ_28'12]. Néanmoins dans ce cas la difficulté exprimée par l'équipière pour se coordonner avec le barreur ne s'accompagnait pas d'un comportement instable du bateau. Durant ces épisodes, les communications verbales entre coéquipiers révèlent une préoccupation commune pour maintenir leurs possibilités d'action sur le bateau. Par exemple, dès l'épisode 2 le barreur

verbalise : « *Il y a pas beaucoup d'écoute* » [OB_1'35]. Ce constat reposait sur le fait qu'il percevait que lorsque l'équipière choquait son écoute cela tendait en conséquence l'écoute entre sa main et les mains de l'équipière. Durant l'autoconfrontation, il a commenté ainsi la manière dont il s'est adapté à cette situation : « *Donc là je m'aperçois de ça [que l'écoute est courte et tendue entre l'équipière et lui-même, ne lui laissant aucune possibilité de relâcher le charriot en cas de besoin] et du coup j'enlève un tour sur ma main pour gagner la distance du tour que j'ai autour de la main* » [BA_31'12]. Un autre exemple de cette préoccupation des coéquipiers de préserver leurs possibilités d'action respectives se trouve dans l'épisode 7 lorsque l'équipière a dit au barreur au cours du bord « *dès que je m'avance j'ai plus d'écoute* » [OB_03'15], et que le barreur lui a répondu « *ouais, j'ai vu* » [OB_3'18], suivi par une demande de l'équipière : « *reprends un peu [de charriot], ouais c'est bon* » [OB_3'21]. A propos de cette conversation, l'équipière a déclaré au cours de l'autoconfrontation : « *je suis trop bordée du coup, du coup je lui demande juste de reprendre un peu [de charriot] pour que moi je puisse rechoquer un petit peu [d'écoute de grand-voile]* » [EQ_40'23].

4.4 Forme 4 : Coordination entre coéquipiers visant à trouver des solutions en réaction à la perception d'un vol instable

Cette forme d'interaction est apparue selon deux dynamiques interactives, évoluant soit vers une convergence de points de vue, soit vers une divergence persistante de points de vue dans l'interprétation de la situation et dans la proposition de solutions. Elle se manifestait par des actions de régulation du vol des coéquipiers, destinées à retrouver un vol stable sans pour autant parvenir à le stabiliser, ce qui amenait les coéquipiers à associer une régulation « ici et maintenant » du comportement du bateau à une activité d'exploration de solutions visant à stabiliser le vol. Les épisodes 8, 10 et 11 représentent cette forme d'interaction. Pour ces épisodes, nous avons qualifié le vol d'« instable » compte tenu des fortes variations d'angle de gîte : l'écart type de l'angle de gîte était respectivement de $\pm 4,69$ et $\pm 4,65$ pour la première et deuxième partie de l'épisode 8 ; $\pm 4,53$ et $\pm 4,24$ pour la première et deuxième partie de l'épisode 10 ; $\pm 5,06$ et $5,44$ pour la première et deuxième parties de l'épisode 11.

Au cours de ces épisodes, la structure de préparation des coéquipiers convergeait vers la recherche d'une solution pour stabiliser le vol en s'engageant conjointement dans la réflexion et la résolution du problème. La réflexion portait sur : (a) sur les actions de border/choquer de l'équipière, contrainte par une écoute trop courte, ce qui a amené le barreur à centrer davantage le charriot pour donner plus de longueur d'écoute à l'équipière ; (b) sur la position de l'équipière, qui du point de vue du barreur était trop basse, mais cela n'a pas

conduit l'équipière à modifier sa position ; et (c) sur le réglage du rake, à propos duquel l'équipière a suggéré de le réduire pour aider à stabiliser le vol, ce qui a conduit à un consensus sur la réduction du rake. Bien qu'à la suite de la modification du rake (épisode 11) le vol se soit stabilisé (épisode 13), la relation de cause à effet ne peut être établie. En effet, un décrochage a eu lieu entre les épisodes 11 et 13 (épisode 12). De plus, un nouvel épisode d'instabilité donnant lieu à une reprise de la discussion sur la position de l'équipière au trapèze a suivi l'épisode 13 (épisode 10, partie 2). Aussi, malgré une convergence de préoccupations entre les coéquipiers pour trouver une solution commune à l'instabilité persistante au cours des épisodes 8, 10 et 11, certaines divergences de points de vue sont apparues. Par exemple, l'épisode 11 révèle une divergence dans la perception des mouvements du catamaran. Dans cet épisode, l'instabilité latérale du bateau était significative dans le cours d'expérience de chacun des coéquipiers. Cependant, tandis que les mouvements de gîte étaient saillants pour le barreur, ce sont les mouvements de contre-gîte qui étaient saillants pour l'équipière. Les communications verbales au cours desquelles apparaissent ces conflits de points de vue consistent en des requêtes insistantes adressées par l'un des coéquipiers à l'autre, accompagnées d'arguments défendant son point de vue. Les communications suivantes entre le barreur et l'équipière illustrent cette forme d'interaction : dans l'épisode 8 le barreur a répété « *choque* » [OB_05'03], « *choque* » [OB_05'15] et l'équipière a répondu « *là ça va on est à plat* » [OB_05'17], mais le barreur a insisté « *Bah non on est vachement gité* » [OB_05'19]. Un exemple analogue est apparu dans l'épisode 10, au cours duquel l'équipière a expliqué au barreur « *ouais et puis à la fois on fait trop de contre-gîte et du coup je borde et après on [gîte]* » [OB_07'41], ce à quoi le barreur a répondu « *Ouais mais t'es trop basse au trapèze, on fait pas de contre-gîte* » [OB_07'45]. Ces exemples rendent compte du caractère soit consensuel soit conflictuel de l'échange de points de vue entre le barreur et l'équipière dans leur recherche commune de solutions visant à améliorer leur contrôle de la stabilité de vol.

4.5 Forme 5 : Coordination de chaque équipier avec le bateau pour reprendre le contrôle du vol en phase critique

Cette forme d'interaction est caractérisée par des actions des coéquipiers en réaction à un vol critique accompagnées de communications courtes relatives à l'état de la situation. Les épisodes 1, 4, 5, 12 et 14 représentent ces formes d'interaction. Pour ces épisodes, nous avons qualifié le vol de critique dans l'épisode 1 en raison d'un violent coup de gîte pendant la phase de décollage ; dans les épisodes 4 et 12 en raison d'une augmentation rapide de la

hauteur de vol s'accompagnant d'un décrochage des foils ; dans l'épisode 5 en raison de la difficulté à maintenir la vitesse nécessaire au vol ; et dans l'épisode 14 en raison d'un vent refusant fortement dans les risées.

Au cours de ces épisodes, les structures de préparation des coéquipiers étaient congruentes avec une préoccupation commune de reprendre le contrôle du vol en phase critique. Les coéquipiers étaient focalisés sur les variations critiques d'angle de gîte, de vitesse et de hauteur de vol, ainsi que sur la perception du comportement du bateau à travers les commandes (e.g., variations importantes de tension d'écoute, vibrations dans la barre). Les actions des coéquipiers au cours de ces phases étaient congruentes avec le comportement du bateau : les déplacements et les actions sur les commandes visent à agir rapidement sur l'équilibre du bateau pour le maintenir en vol. Par exemple dans l'épisode 4 les coéquipiers se sont déplacés vers l'avant du catamaran en même temps que le bateau accélérât dans la risée en montant haut sur ses foils et en atteignant rapidement une hauteur critique avec les foils proches de la surface. L'objectif de ce déplacement était d'agir sur l'assiette longitudinale pour contrer la tendance du bateau à monter dans cette forte accélération. Ces phases critiques se caractérisent par un sentiment d'impuissance des coéquipiers. L'équipière a traduit ce sentiment de la façon suivante en évoquant l'épisode 4 lors de l'autoconfrontation : « *le bateau il part vraiment, ouais il part vraiment dans la risée ça c'est cool comme sensation, bon jusqu'à un certain point ou on ne sait plus comment ça s'arrête* »[EQ_32'39] ; « *on le maîtrise mais pas complètement, il nous maîtrise un peu en même temps quoi, c'est à dire que là au final c'est un peu le bateau qui décide quand est-ce qu'il s'arrête* »[EQ_34'06]. De son côté, le barreur a commenté ce même moment dans les termes suivants durant l'autoconfrontation : « *j'ai plus de barre là, tu vas voir le bateau, ça va peut-être se voir mais quand il décolle un peu trop haut les safrans ils sortent un tout petit peu trop de l'eau et ça vibre, du coup j'ai les retours de vibration dans la main* »[BA_34'52] ; « *à part aller tout droit je peux pas faire grand-chose* »[BA_35'08]. Dans ces situations, la communication entre les coéquipiers apparaît comme un « dernier recours » lorsque les actions individuelles ont échoué pour rétablir la situation. Ainsi, dans l'épisode 4 l'équipière a demandé au barreur qu'il « *relofe un peu* »[OB_02'08] et a expliqué en autoconfrontation : « *ça [ne] faisait qu'accélérer et le bateau on le sent sur le fil et je lui ai dit de lofer un petit peu parce que là à ce moment-là je sentais qu'on pouvait peut-être le raccrocher* » [EQ_33'18, demande à laquelle le barreur n'était déjà plus en capacité de répondre : « *je peux pas !* »[OB_2'10]. Dans l'épisode 12 le barreur a mis en garde sa coéquipière (« *fait gaffe !* »[OB_06'19]) alors que le bateau était en train de monter brusquement sur ses foils et juste avant qu'il ne

décroche. A ce moment, l'équipière s'était déjà avancée franchement sur le bateau pour tenter de le remettre à plat. Lorsque l'épisode de vol critique s'est soldé par un décrochage, les équipiers ont communiqué juste après le décrochage pour vérifier que le coéquipier était en mesure de poursuivre la navigation : par exemple après le décrochage de l'épisode 4, le barreur a demandé à son équipière « *ça va ?* »[OB_05'41], question à laquelle elle a répondu « *ok* »[OB_05'41].

4.6 Forme 6 : Communications verbales entre coéquipiers visant à construire une explication commune à propos de perturbations passées du vol

Cette forme d'interaction est caractérisée par des communications verbales entre les coéquipiers traduisant une activité réflexive commune à propos d'événements passés. Tandis que dans la forme 3 les communications verbales concernaient des événements « actuels » (e.g., une risée se propageant vers le bateau à l'instant t considéré), dans la forme 6 les communications verbales concernaient des événements « virtuels » et « potentiels » (i.e., passés et pouvant ou non se reproduire sous une forme similaire). De même, tandis que les communications verbales de la forme 4 visaient à trouver une solution à un problème actuel (i.e., le vol instable) en explorant des solutions applicables rapidement (e.g., modifier le rake), dans la forme 6 la réflexion de l'équipage concernait un événement potentiel qui ne posait pas encore problème (mais qui pourrait en poser dans le futur). L'épisode 6 représente cette forme d'interaction. Pour cet épisode, nous n'avons caractérisé le comportement du bateau à partir des données d'assiette latérale que pour sa première partie, la durée de la seconde partie de l'épisode étant inférieure à 10 secondes. Pour la première partie de cet épisode, nous avons qualifié le vol de stable compte tenu des faibles variations d'angle de gîte : l'écart type de l'angle de gîte était de $\pm 3,89$.

Au cours de cet épisode, les structures de préparation des coéquipiers étaient congruentes, avec une préoccupation commune pour formuler des explications à propos d'un événement passé afin d'anticiper une nouvelle occurrence de ce type d'événement dans le futur. Bien qu'au cours de ces épisode les coéquipiers régulaient le fonctionnement du bateau, celui-ci poursuivant sa navigation, ce qui faisait signe pour les coéquipiers dans cet épisode était la mémoire d'une situation vécue, de ce qui s'était passé et ce qui s'était dit dans cette situation. Les communications verbales ont consisté en l'expression de ces expériences passées de manière développée, et accompagnée de propositions argumentées sur les actions à réaliser en cas de nouvelle occurrence de ce type de situation. Par exemple dans l'épisode 6,

en parlant du décrochage ayant eu lieu lors de l'épisode 4, l'échange suivant échange a eu lieu entre le barreur et l'équipière :

Barreur : « là [lors de la situation critique vécue précédemment juste avant le décrochage] si je lofe on se met sur le toit je pense » [OB_02'17];

Équipière : « mais nan bah si tu y allais progressif je pense pas » [OB_02'19]

Équipière : « en fait moi j'avais plus d'écoute là » [OB_02'24]

Équipière : « faut plutôt essayer de trouver l'escape par euh, lofer par contre je pense » [OB_02'56]

Barreur : « ok ça marche » [OB_03'00] .

Lors de cet échange, les coéquipiers ont ainsi pu revenir sur les actions réalisées par chacun au cours de la phase critique, et s'accorder sur la conduite à tenir si une situation analogue se présentait à nouveau.

5 Discussion de l'Étude 2

L'objectif de cette étude était d'appréhender les différentes formes d'interaction entre les coéquipiers, le catamaran et l'environnement lors d'un entraînement sur une phase de vol particulièrement sollicitante en termes de maintien de la stabilité de vol. Du point de vue de la coordination entre coéquipiers, trois états fonctionnels apparaissent et peuvent être associés à des processus cognitifs et interactifs distincts : (a) des processus extrapersonnels de coordination pour maintenir ou restaurer la stabilité de vol ; (b) des processus interpersonnels de coordination pour maintenir ou restaurer la stabilité de vol ; et (c) des processus réflexifs d'anticipation de modifications environnementales ou de compréhension d'événements passés.

5.1 Processus extrapersonnels de coordination pour maintenir ou restaurer la stabilité de vol

Les formes 1 et 5 sont représentatives de processus extrapersonnels de coordination. Ces deux formes se caractérisent par une primauté d'interactions significatives entre chaque équipier et le bateau. Le contraste entre ces deux formes d'interaction repose sur le fait que la forme 1 correspond à un état du vol qualifié de stable, tandis que la forme 5 correspond à un état du vol qualifié de critique.

Dans ces deux cas, du point de vue de l'expérience d'un coéquipier, l'activité de son partenaire n'est pas significative dans la situation, comme si chacun agissait seul sur le comportement du bateau. Bien que la forme 5 donne lieu à certaines interactions verbales

entre coéquipiers, nous pouvons assimiler celle-ci à un échec du mode de coordination extrapersonnel, ces verbalisations étant « lancées en dernier recours », lorsqu'un des coéquipiers percevait que le bateau sortait du domaine de viabilité du vol.

Si l'on considère les périodes au cours desquelles l'activité de son partenaire n'est pas significative pour chacun des coéquipiers, ces formes d'interaction semblent correspondre à des processus de coordination extrapersonnels (Millar *et al.*, 2013 ; R'kiouak *et al.*, 2016). Ces auteurs décrivent le bateau d'aviron comme un médiateur permettant la synchronisation de deux rameurs. Dans cette situation, il serait alors possible de considérer que chaque rameur régule ses interactions avec un système mécanique comme dans une « simple » interaction humain-objet (e.g., Adé *et al.*, 2017). Pourtant, les différences entre l'activité d'un équipage sur catamaran volant et l'activité d'un équipage sur un bateau d'aviron doivent être prises en considération. Sur un bateau d'aviron, les mouvements cycliques de rame de chacun des coéquipiers sont fondamentalement similaires²⁶ et doivent être synchronisés pour que le système soit performant. Dans ce cas, lorsqu'un rameur rompt la synchronisation avec son partenaire (e.g., en accélérant la phase de remplacement), son coéquipier le sent directement à travers la structure du bateau. Dans le cas du bateau volant, des modifications constantes du comportement du bateau sont produites conjointement par l'activité de régulation de l'équipage, et par la relation structurelle entre le catamaran et les conditions environnementales (e.g., variations de vent, vagues et clapot, veines de courant). Cette relation est structurelle dans le sens où, si l'on prend le catamaran comme référence, les contraintes de l'environnement sur la structure du catamaran participent à la mise en mouvement du catamaran. Ce mouvement modifie en retour les contraintes de cet environnement sur sa structure (e.g., le vent dans les voiles du catamaran participe à la prise de vitesse du catamaran, cette prise de vitesse est contrainte en partie par la vitesse et l'orientation du vent par rapport aux voiles, qui sont en retour modifiées par les variations de vitesse du catamaran). En ce sens, le comportement du bateau est en partie indépendant du comportement de l'équipage. En d'autres termes, le bateau « prend vie » dans sa double relation avec l'environnement et avec l'équipage. Dans la forme 1 comme dans la forme 5, l'équipage semble interagir avec le bateau d'une manière coordonnée, pourtant le comportement du bateau est radicalement différent (i.e., qualifié de stable dans la forme 1 et de critique dans la forme 5). Du point de vue de l'expérience des coéquipiers, l'activité de

26 Le « coup d'aviron » consiste en un mouvement cyclique comprenant deux phases principales (la phase propulsive, ou « *drive phase* », et la phase de remplacement, ou « *recovery phase* ») reliées entre elles par deux éléments de transition (le dégagé, ou « *release* » et la prise d'eau, ou « *catch* »).

régulation est centrée sur la régulation des mouvements du catamaran. Dans ces formes d'interaction, si le catamaran était un « médiateur », la coordination des coéquipiers médiée par la structure du catamaran conduirait nécessairement à la conservation d'un vol stable et contrôlé. Le rôle du catamaran volant dans le fonctionnement de l'équipage semble en ce sens distinct du rôle de structure médiatrice décrite pour un bateau d'aviron. Dans Terrien *et al.*, (2020) nous avons qualifié le rôle du catamaran « d'agent interagissant » : depuis la perspective de chaque coéquipier la structure du catamaran intègre en partie l'activité de son coéquipier, et donc régule de manière adaptative son couplage avec l'environnement (Barandiaran, Di Paolo et Rodhe, 2009)

5.2 Processus interpersonnels de coordination pour maintenir ou restaurer la stabilité de vol

Les formes 3 et 4 sont représentatives de processus interpersonnels de coordination. Ces deux formes se caractérisent par la saillance dans l'expérience de chaque coéquipier de l'activité de son partenaire en relation avec le comportement du bateau.

Dans la forme 3 le vol est stable, toutefois la nécessité d'actions spécifiques du coéquipier sur le bateau est perçue par chaque coéquipier. La forme 4 présente de nombreuses similitudes avec la forme 3, la principale différence étant que dans cette situation le vol est instable. Nous suggérons que dans ces formes 3 et 4 (et partiellement dans la forme 5) les processus de coordination interpersonnels visaient à constamment actualiser les affordances perceptibles par chaque coéquipier, relatives au comportement du bateau.

Dans le domaine du sport des auteurs ont mis en évidence des affordances partagées lors d'interactions sociales (Passos *et al.*, 2012 ; Silva *et al.*, 2013). Dans Terrien *et al.* (2020) nous avons suggéré que dans cette situation, ces affordances pouvaient être spécifiées à deux niveaux. D'une part, les coéquipiers se perçoivent mutuellement comme une ressource pour agir sur la régulation du bateau, ce qui renvoie à la notion d'*affordances de l'autre*. Dans ce cas, les actions d'un acteur ouvrent des possibilités d'action à l'acteur qui les perçoit (Passos *et al.* 2012). D'autre part, chaque coéquipier peut agir sur le bateau pour augmenter les possibilités d'action de son partenaire, ce qui renvoie à la notion d'*affordances pour l'autre*. Dans ce cas, chaque acteur perçoit les possibilités d'action d'un autre acteur dans des conditions données, et peut agir pour les moduler en élargissant ou limitant le champ de ces possibilités d'action (Passos *et al.*, 2012). En fait, lorsqu'un coéquipier perçoit son partenaire comme une ressource pour agir sur le comportement sur bateau nous serions donc à la fois en présence d'*affordances pour l'autre* (e.g., le barreur perçoit que l'équipière peut choquer la

grand-voile), et d'*affordance de l'autre* (e.g., cette action de l'équipière permet au barreur d'agir sur l'assiette du bateau). En revanche, le fait pour un coéquipier d'agir sur le catamaran (ou sur des éléments du catamaran) pour augmenter les possibilités d'action de son partenaire (e.g., centrer le charriot pour donner du mou dans l'écoute et permettre à l'équipière de mieux réguler), renvoie davantage à la notion de co-modulation d'affordances telles que décrites dans les sports de combat (Kimmel et Rogler, 2018). Dans le cas de dyades coopératives, la communication verbale entre coéquipiers peut être considérée comme le principal moyen de faire converger la conscience de la situation (c'est-à-dire la structure de préparation associée au representamen de chaque coéquipier) de la dyade et ainsi permettre aux mêmes affordances d'être « pertinentes » pour les coéquipiers parmi un « paysage d'affordances » (Rietveld et Kiverstein, 2014) commun à la dyade. En poursuivant cette idée, nous avons émis l'hypothèse que la perception réciproque d'affordances pertinentes pour les coéquipiers facilite le maintien d'un vol stable. Par exemple dans l'épisode 7 (forme 3), lorsque l'équipière a demandé au barreur de reprendre du charriot car elle avait perçu qu'il était en mesure de réaliser cette action, et que le barreur a effectivement répondu à cette demande en percevant que l'équipière peinait à réguler la puissance de la grand-voile, cela a permis à l'équipière de réguler plus confortablement la grand-voile, sans pour autant réduire de façon trop importante les possibilités de régulation du charriot d'écoute du barreur. Cette situation, en augmentant la capacité de régulation de l'équipage pourrait limiter les possibilités pour le bateau de devenir instable (car régulé plus efficacement). A l'inverse, lorsque la conscience de la situation n'est pas partagée, les coéquipiers peuvent fonctionner de manière non intentionnelle comme des adversaires, fonctionnement qui participe à l'instabilité du bateau. Par exemple dans l'épisode 11 (forme 4), le bateau oscillait entre la gîte et la contre-gîte, la contre-gîte étant davantage significative pour l'équipière et la gîte étant davantage significative pour le barreur. En demandant à l'équipière de choquer l'écoute, le barreur a réduit la capacité de l'équipière à éviter la contre-gîte ; de même lorsque l'équipière a bordé son écoute pour éviter la contre-gîte, elle a réduit la capacité du barreur à maintenir son cap sans que la gîte n'augmente. L'instabilité du vol pourrait ainsi être liée en partie à cette réduction mutuelle de possibilités d'action des coéquipiers. Dans la présente étude, les formes 3 et 4 permettent de suggérer un lien entre la stabilité du bateau et les affordances des coéquipiers : « *the stability of the flight could rely on the congruence of the respective affordances for each crew member, i.e, when desirable affordances for the crew are congruent with desirable affordances for the helmsman* » (Terrien *et al.*, 2020 p. 305). Nous avons exploré la relation entre les mouvements du bateau et les affordances plus en détails dans l'Étude 3.

5.3 Processus réflexifs d'anticipation de modifications environnementales ou de compréhension d'événements passés

Les formes 2 et 6 sont représentatives de processus réflexifs d'anticipation de modifications environnementales ou de compréhension d'événements passés. Dans ces formes d'interaction, les relations avec l'environnement du bateau et avec son coéquipier sont significatives pour les deux coéquipiers. Dans chacune de ces formes, les interactions entre coéquipiers consistaient en des échanges verbaux visant à créer ou renforcer des connaissances partagées. Dans la forme 2, ces communications se sont déroulées sous pression temporelle compte tenu de l'approche d'un événement perturbateur (e.g., risée, obstacle sur le plan d'eau). L'objectif des communications était de partager des attentes sur les perturbations pouvant affecter le vol. La forme 6 se distingue par le fait qu'il n'y a pas de pression temporelle. La communication vise alors la construction d'interprétations communes de perturbations du vol passées, et à la construction d'un consensus sur le comportement à adopter dans l'éventualité d'une nouvelle occurrence de ce type de situation.

Pour les formes 2 et 6 le vol était stable. Ce comportement du bateau rouvrait des possibilités pour l'équipage d'explorer l'environnement du bateau, de se focaliser sur ses variations et de se projeter sur l'anticipation de leurs effets sur le comportement du bateau (forme 2), ou encore de réfléchir à des situations passées (forme 6). Cette possibilité de pouvoir « sortir la tête du bateau » lorsque le vol est stable avait déjà été évoquée dans l'Étude 1 à propos d'expériences types relatives à un vol stable. Dans la forme 2 les perceptions de variations significatives de l'environnement ont déclenché des échanges verbaux entre les coéquipiers visant à partager des informations contextuelles (Poizat, Bourbousson, Saury et Sève, 2009). Ces informations contextuelles servent d'ancrages communs pour assurer la congruence des structures de préparation des coéquipiers. Le partage d'informations contextuelles peut, dans ce type de situation, être considéré comme un point de connexion (Gatewood, 1984) suffisant pour s'ajuster et se coordonner efficacement au sein d'une équipe (Poizat *et al.*, 2009). Selon nous, le processus en jeu est similaire pour la forme 6, mais au lieu de se connecter à un *environnement commun*, les coéquipiers se connectent à une *histoire commune*, de manière à valider, invalider, renforcer ou construire des connaissances partagées. Dans la forme 2 comme dans la forme 6, le comportement stable du bateau semble être une condition favorable à une « évasion » de l'équipage de la situation « ici et maintenant » pour donner lieu à une activité réflexive permettant une harmonisation de connaissances pouvant être mobilisées ultérieurement par les coéquipiers.

6 Conclusion de l'Étude 2

Cette étude de cas portant sur l'activité d'un équipage de catamaran volant sur un bord de reaching a permis de mettre en évidence six formes d'interaction entre l'équipage, le catamaran et l'environnement, que nous avons discutées en termes de processus de coordination extrapersonnels et interpersonnels. A travers cette étude, nous avons également discuté des similitudes et différences entre le fonctionnement d'un bateau d'aviron et son équipage et le fonctionnement d'un catamaran et son équipage. Jusqu'à présent, l'environnement partagé était supposé jouer un rôle médiateur dans la coordination de coéquipiers. Bien que l'on retrouve une notion de coordination extrapersonnelle, c'est-à-dire, une coordination au sein d'une équipe sans prise en compte de l'activité du partenaire, dans cette étude, il nous semble nécessaire de proposer et d'explorer une alternative à la notion de rôle médiateur du bateau. Dans le cas du bateau volant, la double relation fonctionnelle entretenue par le catamaran volant avec son environnement et avec son équipage fait que le comportement de celui-ci intègre l'activité de chaque coéquipier sans nécessairement transmettre les traces de cette activité à son partenaire. De fait, le comportement du catamaran peut être partiellement indépendant d'une « bonne coordination » de l'équipage. Par exemple en situation critique, une « bonne coordination » de l'équipage ne garantit pas la récupération du contrôle du vol. L'Étude 3 vise à clarifier le rôle de chacun des éléments de cet ensemble humains-système mécanique en termes de possibilités d'action des coéquipiers et de possibilités de mouvement du bateau.

CHAPITRE 7 Contrôler la stabilité de vol en catamaran en double : co-moduler des possibilités d'action entre les coéquipiers en relation avec les possibilités de mouvement du bateau (Étude 3)

1 Introduction de l'Étude 3

L'Étude 1 de cette thèse, portant sur la culture propre d'acteurs « pionniers » de la voile légère volante, a mis au jour leur compréhension du fonctionnement du bateau volant comme celui d'un système doté de propriétés d'irréversibilité et d'autonomie : les mouvements du catamaran à chaque instant dépendent de l'histoire de ses mouvements dans les instants précédents et ne se réduisent pas aux effets des commandes de l'équipage. Cette étude souligne également le passage au premier plan de la notion d'incorporation de la dynamique des mouvements du bateau par l'équipage. L'Étude 2, qui rend compte de l'activité d'un équipage expert de catamaran volant à l'entraînement, a permis de distinguer différents modes d'interaction entre les membres de l'équipage, en fonction de la prégnance d'interactions, soit entre coéquipiers, soit entre chaque coéquipier et le bateau, associés aux mouvements du bateau en vol stable, instable ou critique.

La présente étude vise à approfondir la compréhension des modes de coordination collective en voile volante permettant d'atteindre et de maintenir le vol de façon viable. Pour cela nous avons appréhendé le bateau comme un système complexe composé du catamaran et de l'équipage. Dans cette étude, lorsque nous nous référons donc de manière générale au *bateau* pour évoquer le système composé du *catamaran et de l'équipage*. Lorsque nous évoquons le *catamaran*, nous considérons le système mécanique (i.e., coques, foils, grément, voile) uniquement. Lorsque cette distinction prête à confusion, nous précisons l'ensemble des composants du système auquel nous nous référons. Nous définissons le domaine de viabilité du vol comme l'ensemble des états du système à un instant donné à partir duquel il existe au moins une possibilité d'action de l'équipage ou de mouvement du bateau qui, en s'actualisant, permet de maintenir le vol à l'instant suivant. De ce point de vue, un bateau à foils qui ne vole pas ou perd le vol dans des conditions *a priori* favorables au vol en termes de conditions environnementales, d'allure de navigation et de compétences de l'équipage, peut être considéré en « échec », ou autrement dit, fonctionne hors du domaine de viabilité du vol. La forte interdépendance entre les différents éléments du système et un environnement dynamique, nous amène à interroger l'organisation au sein du système en termes de

modulation de possibilités d'action entre des acteurs humains, en lien avec des possibilités de mouvements du système mécanique.

Nous avons présenté dans la première partie de la thèse que, jusqu'à récemment, les relations entre activité humaine et systèmes mécaniques ont été peu étudiées dans le domaine de la psychologie du sport. Des travaux en aviron (e.g., Millar *et al.*, 2013 ; R'Kiouak *et al.*, 2016) ont décrit le rôle médiateur de l'environnement matériel (incluant le bateau) dans le fonctionnement de l'équipage. En aviron, l'équipage pour être performant doit synchroniser les mouvements cycliques de rame. D'un point de vue opérationnel, le fonctionnement de ce type d'équipage a été comparé au fonctionnement d'oscillateurs couplés, pour lesquels la synchronisation « en phase » représente un pattern stable de coordination (Coey, Varlet, Schmidt et Richardson, 2011 ; Kelso, 1984, Oullier *et al.*, 2008 ; Meerrhoff et De Poel, 2014). Dans ce cas, les mouvements du bateau constituent pour chaque coéquipier des ancrages informationnels lui permettant de maintenir une bonne synchronisation avec son partenaire (R'Kiouak, 2017). Bien que le vent ou le clapot présent sur le bassin de navigation puissent affecter cette synchronisation, il s'agit de facteurs *contextuels* pouvant produire des variations dans le fonctionnement du système, mais qui ne sont pas nécessaires à ce fonctionnement. Dans des conditions environnementales souvent calmes (i.e., peu de vent et plan d'eau plat), la stabilité du comportement du système (e.g., en termes de vitesse ou de trajectoire) peut être réduite à la synchronisation en phase des cycles de rame entre coéquipiers, correspondant à un mode de coordination préférentiel (Coey *et al.*, 2011 ; Meerhof et De Poel, 2014). En catamaran volant, le vent et les vagues sont des éléments *constitutifs* du processus produisant le mouvement du bateau à travers les interactions aérodynamiques et hydrodynamiques avec la structure du catamaran (coque et appendices, plateforme, grément). Les mouvements du catamaran résultent donc d'une double interaction entre l'équipage et le catamaran, et entre le catamaran et son environnement. Les relations fonctionnelles entre l'équipage et le catamaran forment l'« organisation interne » du bateau. La singularité du mode de navigation « volant » tient essentiellement à sa précarité : ce mode de navigation est obtenu par une mise en tension des éléments mécaniques du système par leur relation avec l'environnement, et par une régulation de ces tensions par l'activité de l'équipage. Cette activité consiste à gérer l'accumulation de tensions nécessaires pour produire et maintenir la vitesse du bateau et les conditions mécaniques (e.g., assiettes latérale et longitudinale) lui permettant d'atteindre et de conserver le vol. L'équipage agit donc « de l'intérieur » sur le système. Il participe à la génération/libération de tensions liées à l'organisation interne du système (e.g., en se déplaçant, ou en bordant/choquant les écoutes). Il contribue également à la régulation des

tensions liées à la relation entre le système et son environnement. De plus, porté par ses foils, le catamaran accumule de l'énergie potentielle pouvant être libérée plus ou moins progressivement sous forme de gîte, contre-gîte ou décrochage plus ou moins violent comme conséquence d'événements externes (e.g., variation de la force du vent) ou « internes » (e.g., déplacement d'un coéquipier). En ce sens, le vol d'un catamaran correspond à un état d'équilibre métastable : « *Un système physique est en équilibre « métastable » lorsque certaines variations peuvent entraîner une rupture de l'équilibre. Cette rupture est possible parce que le système en question est surtendu, les éléments qui le composent étant en tension permanente* » (Debaise, 2004, p.103). Du point de vue de la coordination des coéquipiers, la grande sensibilité du bateau aux actions de l'équipage fait qu'à chaque instant les moindres variations de cette activité peuvent produire un déséquilibre radical du bateau. Kimmel, Hristova et Kussmaul (2018) ont décrit un phénomène similaire à propos de l'activité d'un couple de danseurs en danse « contact improvisation » comme atteignant parfois un état métastable : « *both the individual body and the interpersonal system can occupy a metastable position where agents are poised at the “edge” of different possible futures, and minimal nudges can tilt the dynamics either way* » (Kimmel *et al.*, 2018, p. 14). Pour ces danseurs, les différents futurs possibles sont associés à la génération et l'actualisation d'affordances leur fournissant des « tremplins » de créativité (Kimmel *et al.*, 2018). Nous rappelons ici que la notion d'affordance renvoie à la notion de perception « directe » de possibilités d'action offertes par l'environnement, c'est-à-dire sans que la relation de l'acteur au monde ne soit médiée par l'interprétation de l'acteur, ou par quelque processus cognitif de « traitement de l'information » que ce soit (Gibson, 1979 ; Fajen, Riley et Turvey, 2009). Ces affordances lorsqu'elles sont perçues « invitent » à un comportement (e.g., Segundo-Ortin, 2020 ; Withagen, de Poel, Araújo et Pepping, 2012 ; Withagen, Araújo et De Poel, 2017). Dans le cadre de travaux sur la coordination interpersonnelle, Kimmel et Rogler (2018) parlent d'« *affordances in interaction* ». Dans leurs travaux en Aïkido, ces auteurs proposent la notion de « *zero-sum coupling* » pour caractériser le champ d'interactions possibles entre deux combattants. Les deux combattants se trouvent en effet dans un champ d'interactions au sein duquel plus les possibilités d'action s'ouvrent pour un combattant plus cela ferme les possibilités d'action pour son opposant. Ainsi, le combat s'organise autour d'une « modulation » dynamique de possibilités d'action : les experts développent des compétences pour identifier dans les attaques de leurs opposants de nouvelles possibilités d'action, rééquilibrant ainsi le combat. Tandis qu'en Aïkido l'objectif pour chaque opposant est de mettre fin au combat en déséquilibrant le rapport de force en sa faveur, sur un voilier volant

l'objectif est au contraire *a priori* que la coopération perdure, en maintenant un équilibre au sein du système.

2 Appréhender les possibilités d'action à la lumière du cadre théorique du Cours d'action

Travieso *et al.* (2020) soulignent que les approches enactives et la psychologie écologique partagent davantage de similitudes que de différences malgré le fait que ces dernières aient été davantage mises en exergue jusqu'à présent. A l'origine des controverses, se trouve une conception différente de la relation animal-environnement (Baggs et Chemero, 2018). Selon ces auteurs, la psychologie écologique opte pour une stratégie ontologique visant à décrire d'abord l'habitat d'une espèce pour expliquer comment les possibilités d'action d'un acteur sont contraintes par la structure de l'environnement, tandis que les enactivistes optent pour une stratégie épistémique visant à expliquer comment le monde peut apparaître différemment à différents membres d'une même espèce à partir de l'histoire du couplage structurel acteur-environnement. Récemment, plusieurs publications ont cependant souligné les nombreuses possibilités de rapprochement entre la psychologie écologique et l'enactivisme à partir de la notion d'« embodied cognition » (e.g., James, 2020 ; De Carvalho et Rolla, 2020 ; Travieso *et al.*, 2020). Dès 2009, Chemero proposait une reconceptualisation de la notion d'affordances en « *affordances 2.0* » en considérant les affordances comme des relations dynamiques et de codétermination entre les habiletés à percevoir et agir et les caractéristiques de l'environnement. Chemero soutenait ainsi que : « *this reconceptualization of affordances is explicitly formulated to make the natural, but largely unmade, connections between ecological psychology and the enactivist movement in cognitive sciences* » (Chemero, 2009 p. 152). De leur côté, Withagen *et al.*, 2012 ont discuté de la distinction entre les affordances comme possibilités d'action présentes dans l'environnement, et certaines affordances perçues par un agent comme « invitations à agir » en encourageant ou décourageant certains comportements.

Dans le programme de recherche du Cours d'action, ancré dans une approche enactive, Theureau (2010) rapproche la notion gibsonienne d'affordance de celle de « representamen » du signe hexadique, moyennant les conditions suivantes « 1/ si l'on considère que la culture d'un individu est une seconde nature ; 2/ si l'on considère que ces affordances sont situées » (Theureau, 2010, p. 107). Moyennant ces conditions, Theureau considère que les ancrages de representamens dans l'environnement de l'acteur peuvent être considérés comme des affordances, ou autrement dit, des « offres de l'environnement ». En poursuivant cette idée,

nous avons considéré dans cette étude à la fois les « possibilités d'action » pour un acteur et les « invitations à agir » pour cet acteur. Bien que cela reprenne la distinction discutée par Withagen *et al.* (2012), nous nous en distinguons en ne considérant pas que les possibilités d'action sont présentes dans l'environnement indépendamment de l'engagement de l'acteur dans la situation. Ainsi, nous avons considéré les possibilités d'action d'un acteur comme l'ensemble des actions possibles pour un acteur à un instant donné et dans une situation donnée. Cet ensemble d'actions possibles est circonscrit conjointement par l'engagement (E) de l'acteur dans la situation à chaque instant t , par ses attentes à cet instant (A) et les connaissances (S) qu'il mobilise à chaque instant dans cette situation, ces trois composantes constituant la structure de préparation de l'acteur. Parmi ces actions possibles, celle qui est effectivement réalisée (U) consiste en une réponse à « l'invitation » à agir (R) qui est elle-même sélectionnée parmi un ensemble de possibles dans la situation. Les possibilités d'action s'actualisent au fur et à mesure du déroulement de l'action et des modifications de la structure de préparation de l'acteur.

3 Observatoire spécifique à l'Étude 3

3.1 Participants et situations

Cette étude a porté sur l'analyse de l'activité de quatre équipages au cours de quatre séances de navigation (une séance par équipage). Nous avons sélectionné ces quatre séances parmi un total de 12 séances de navigation. Le recueil de données au cours de ces séances a été guidé par un opportunisme méthodologique (Girin, 1989, 2016), qui consiste à « *saisir intelligemment les possibilités d'observation qu'offrent les circonstances* » (Girin, 2016, p. 314). Les critères de sélection des séances étaient : (a) que celles-ci présentent des caractéristiques contrastées les rendant *a priori* complémentaires dans la mise au jour de dimensions variées du fonctionnement du système équipage-bateau-environnement, et dans leur contribution à une compréhension globale du fonctionnement de ce système ; et (b) que les données recueillies soient suffisamment riches pour documenter le cours d'expérience des acteurs (e.g., richesse des verbalisations au cours des entretiens d'autoconfrontation, qualité des enregistrements audiovisuels des équipages en navigation). Nous avons ainsi sélectionné une séance réalisée par un équipage présentant une forte asymétrie de compétences, et trois séances réalisées par des équipages qui présentaient *a priori* une symétrie de compétences mais des niveaux d'expertise différents, et qui ont été réalisées dans des conditions de vent contrastées (vent faible-vent fort). Ces quatre types de situation étaient donc *a priori* susceptibles de révéler des modes d'adaptation variés des équipages au fonctionnement du

bateau, potentiellement perturbé par l'activité d'un des coéquipier (asymétrie de compétences), et/ou par l'environnement du bateau (vent faible-vent fort).

Situation 1. Séance d'initiation au vol sur Flying Phantom, entre un moniteur (instructeur) et un stagiaire (élève) (séance dite « Moniteur-Stagiaire »).

La séance de navigation de l'équipage « moniteur-stagiaire » fut sélectionnée en raison de la forte dissymétrie de compétences existant entre les membres de l'équipage. Cette séance consistait en une initiation au catamaran volant encadrée par un moniteur spécialiste de la voile volante. Le moniteur était âgé de 24 ans, possédait une expérience de régatier en Moth à foil et venait de réaliser une saison d'encadrement de stagiaires sur catamaran volant au sein de l'une des premières structures en France à proposer cette pratique à un public non expert. Le stagiaire était un quadragénaire, pratiquant expérimenté en voile légère, ayant déjà eu l'occasion de participer à une initiation au foil en Kitefoil mais ne possédant aucune expérience du foil en catamaran. Au cours de cette séance, le moniteur et le stagiaire ont navigué ensemble un total de 50mn dans des conditions de vent oscillant entre 12 et 15 nœuds et une mer peu agitée. Nous avons choisi d'analyser trois périodes de cette navigation, au cours desquelles le moniteur et le stagiaire ont occupé des postes différents (i.e., barreur ou équipier) et/ou avaient la charge de commandes différentes du bateau (i.e., barre, écoute de grand-voile et charriot d'écoute).

Situation 2. Séance d'entraînement en Flying Phantom, d'un équipage de jeunes régatiers d'une filière de haut-niveau, par vent faible (séance dite « FPI »)

La séance de navigation de l'équipage FPI fut sélectionnée en raison du fait qu'elle s'est déroulée dans des conditions de vent faible, limitant les possibilités de vol du bateau. La barreuse était âgée de 21 et le barreur de 19 ans. Cette séance d'entraînement a duré 2 heures 35 minutes dans des conditions de vent variant entre six et dix nœuds sur une mer calme. Cette navigation s'inscrivait dans la deuxième semaine de stage de formation de cet équipage au Flying Phantom. L'objectif de la navigation pour l'équipage était de poursuivre l'appropriation du bateau sur les différentes allures (réglages et pilotage). C'était la première navigation dans de telles conditions de vent pour cet équipage. Nous avons choisi d'analyser deux périodes de cette navigation, qui correspondent aux moments au cours desquels la force du vent était la plus proche de la limite minimale nécessaire pour permettre au bateau de voler, respectivement au largue et au près.

Situation 3. Séance d'entraînement en Flying Phantom, d'un équipage de jeunes régatiers d'une filière de haut-niveau, par vent fort (séance dite « FP2 »)

La séance de navigation de l'équipage FP2 fut sélectionnée en raison du fait qu'elle s'est déroulée dans des conditions de vent fort. Le barreur était âgé de 22 ans et l'équipier de 23 ans. Cette séance d'entraînement a duré 45 minutes dans un vent fraîchissant de 16 à 22 nœuds. Au moment du recueil de données, cet équipage avait déjà réalisé une saison de compétitions sur ce bateau. L'objectif initial de l'entraînement était de régater en flotte sur un parcours composé d'une bouée au vent et d'une bouée sous le vent. Compte-tenu des conditions météorologiques excessivement sollicitantes, cet objectif fut laissé au second plan par les équipages qui naviguaient sur le parcours de manière relativement indépendante les uns des autres. Cette séance de navigation fut interrompue au bout de 45 minutes en raison du vent fraîchissant rendant la navigation dangereuse sur ce type de bateau. Nous avons choisi d'analyser le premier et le deuxième bord de largue sans spi de la session. Ce choix fut guidé par le fait que ces deux bords de largue se sont déroulés dans les conditions les plus proches de la limite de vent maximale permettant aux équipages de naviguer en sécurité sur ces catamarans.

Situation 4. Séance d'entraînement en Nacra 17, d'un équipage membre de l'équipe de France en préparation olympique (séance dite « Nacra 17 »)

Nous avons sélectionné la séance de navigation de l'équipage Nacra 17 car elle a eu lieu dans des conditions « idéales » de vol (i.e., vent modéré et régulier, mer plate). Le barreur était âgé de 34 ans et l'équipière était âgée de 25 ans. Cette séance d'entraînement a duré trois heures dans des conditions de vent fraîchissant entre 8 et 11 nœuds. Au début de cette navigation l'objectif de l'équipage était de parvenir à voler de la manière la plus stable possible. Nous avons choisi d'analyser un vol au cours duquel l'équipage a exprimé sa satisfaction de maintenir un vol particulièrement stable pendant plusieurs secondes.

3.2 Recueil de données

Matériaux empiriques recueillis in situ

Chaque séance de navigation a fait l'objet d'enregistrements vidéo. Pour les séances moniteur-stagiaire, FP1 et Nacra 17 nous avons réalisé les enregistrements depuis un bateau suiveur. Cette prise de vue offre une vision globale des mouvements du bateau mais une vision lacunaire du comportement de l'équipage. Les conversations de l'équipage à bord du bateau étaient enregistrées en connectant à la caméra un récepteur du système de communication « WIP-BBT » (E-Factory, Rolles, Suisse) utilisé par l'équipage. Ce système

fournit un son de bonne qualité malgré le vent. Pour l'équipage FP2, une caméra vidéo de type Garmin Virb (Garmin, Olathe, USA) était installée sur le mât du bateau. Cette prise de vue offre une vision précise du comportement de l'équipage mais une vision moins détaillée des mouvements du bateau. Les conversations de l'équipage étaient enregistrées par cette caméra (toutefois une partie de ces verbalisations se sont avérées inaudibles).

Nous avons mesuré la vitesse des bateaux à chaque instant des périodes analysées à partir des données GPS enregistrées. Pour la séance moniteur-stagiaire nous avons utilisé un GPS Garmin Forerunner 235 (Garmin, Olathe, USA), installé sur le trampoline du bateau ; pour la séance FP1 nous avons utilisé un GPS Velociteck Speedpuck (Velociteck, San Mateo, USA), installé sur la bôme près du mat ; pour la séance FP2 la caméra installée sur le mât enregistrait également les coordonnées GPS ; pour la séance Nacra 17 nous avons utilisé une centrale d'acquisition Yachtbot (Igtimi, Dunedin, Nouvelle Zélande). Le choix de ces systèmes de mesure était guidé par la simplicité de mise en œuvre, la familiarité des équipages avec ces systèmes, et la capacité de ces derniers à enregistrer des données en milieu aquatique sur de longues périodes de temps (plusieurs heures dans certains cas). Les fichiers extraits de ces instruments en format « .gpx » ont ensuite été ouverts sous le logiciel GPSAR 5.30 à partir duquel nous avons obtenu les vitesses des bateaux avec un échantillonnage de 1Hz pour le bateau moniteur-stagiaire ; 0,5Hz pour le bateau FP1 et 10Hz pour le bateau FP2.

Entretiens d'autoconfrontation

A l'issue de chaque séance de navigation des entretiens d'autoconfrontation ont été conduits avec chacun des membres de l'équipage. Cette méthode d'entretien est décrite dans le chapitre 4.

3.3 Analyse des données

Nous avons retranscrit les entretiens d'autoconfrontation de chaque membre de l'équipage ainsi que les verbalisations enregistrées au cours de la navigation.

A partir des enregistrements vidéo, nous avons procédé à une description des mouvements du bateau et du comportement des membres de l'équipage.

Nous avons décrit les mouvements du bateau sur la base de trois descripteurs :

- 1/ Le mode de navigation : trois modes de navigation ont été distingués, respectivement qualifiés de « posé » (coques en déplacement dans l'eau), « skimming » (coques effleurant la surface de l'eau), mode de navigation « vol » (coques en sustentation sur les foils). Pour distinguer certaines phases ambiguës (par

exemple entre « posé » et « skimming », ou entre « skimming » et « vol » nous avons établi une liste de critères permettant de sélectionner une catégorie plutôt qu'une autre (voir Annexe 7).

- 2/ Les oscillations latérales : la gîte, la contre-gîte ou le maintien d'une assiette latérale horizontale.
- 3/ Les décrochages : soudaines pertes de portance des foils conduisant à un amerrissage et en conséquence, à un freinage parfois brutal du bateau.

Pour chaque séquence nous avons calculé la vitesse moyenne de déplacement du bateau et l'écart-type correspondant. Nous avons inclus dans ce calcul uniquement la période au cours de laquelle le bateau était lancé sur son bord. Le début de cette période correspondait au moment où l'équipage était dans une position de navigation (compte-tenu des conditions de vent dans lesquels les recueils de données ont été effectués, cela impliquait par exemple que les équipiers soient au trapèze et/ou au rappel), sur l'allure de navigation correspondant à ce qui avait été choisi pour ce bord (e.g., au travers s'ils avaient décidé de réaliser un bord de travers) et les voiles bordées. La fin de cette période correspondait à l'amerrissage du bateau à la fin du bord et/ou à un changement de cap lié au déclenchement d'une manœuvre (virement de bord ou empannage).

Nous avons décrit les comportements de l'équipage sur la base de deux descripteurs :

- 1/ Les déplacements longitudinaux et latéraux : les déplacements longitudinaux correspondent aux déplacements des coéquipiers vers les étraves ou vers l'arrière du bateau ; les déplacements latéraux correspondent aux rentrées/sorties des coéquipiers au trapèze, aux flexions/extensions du corps au trapèze.
- 2/ Les actions sur les commandes : nous avons décrit des actions observables de border/choquer de voile (e.g., observation d'une modification de la position de la voile par rapport à l'axe longitudinal du bateau, et/ou d'une flexion/extension du bras tenant l'écoute), ainsi que les modifications de réglages (e.g., observation d'un coéquipier réalisant une action sur le bout destiné à augmenter le rake)

Pour chaque membre de l'équipage, nous avons reconstruit le cours d'expérience en identifiant les composantes du signe hexadique. Pour chaque séquence analysée nous avons identifié les structures de préparation dans l'activité de chacun des coéquipiers sur ce bord (i.e., les ensemble E-A-S qui se maintiennent ou s'actualisent tout au long du bord) sans

perdre leur cohérence. La structure de préparation circonscrit les « possibilités d'action » d'un acteur à un instant donné. Ensuite, nous avons identifié les composantes R en lien avec les composantes U, à travers lesquelles ressortent les « invitations à agir » pour chaque acteur. Ainsi, Les différents modes de coordination ont été identifiés à partir d'une démarche comprehensive d'identification et de confrontation des possibilités d'action des coéquipiers, des possibilités de mouvement du catamaran et des invitations à agir du partenaire ou du catamaran. Dans la section Résultats nous décrivons les éléments saillants ressortant de cette démarche d'analyse et aboutissant à la caractérisation des modes de fonctionnement que nous détaillons.

4 Résultats de l'Étude 3

Les quatre cas étudiés sont présentés dans cette section. Chaque cas représente un mode de coordination singulier. La présentation de ces modes de coordination consiste en une description des différentes périodes d'intérêt composant ce cas, chacune suivie d'un paragraphe de synthèse.

4.1 Cas 1 : Neutralisation ou limitation par l'un des coéquipiers des possibilités d'action de son partenaire sur le catamaran pour contrôler les invitations à agir pour ce partenaire

Ce mode de fonctionnement a été observé lors de la navigation de l'équipage « moniteur-stagiaire ». Celui-ci s'est actualisé selon trois modalités différentes, dans les trois périodes sélectionnées pour l'analyse : (a) neutralisation par le barreur (moniteur) des possibilités d'action de l'équipier (stagiaire) pour générer chez lui des invitations à percevoir la relation catamaran-environnement ; (b) prescription des possibilités d'action du barreur (stagiaire) par l'équipier (moniteur) pour orienter la diffusion d'invitations à agir entre coéquipiers ; et (c) proscription des possibilités d'action de l'équipier (stagiaire) par le barreur (moniteur) pour délimiter l'espace d'invitations à agir pour l'équipier (stagiaire).

Exemple 1 : Neutralisation par le barreur des possibilités d'action de l'équipier pour générer chez lui des invitations à percevoir la relation catamaran-environnement.

Sur ce bord, le moniteur occupait le poste de barreur et s'était attribué l'ensemble des commandes du bateau (écoute de grand-voile et charriot d'écoute). Le stagiaire était au poste d'équipier sans aucune commande. Après avoir rapidement décollé le bateau a évolué à une

vitesse moyenne de 15,6 nœuds ($\pm 0,89$) durant 1min28s (figure 5). Au cours de ce vol, l'assiette latérale a oscillé entre l'horizontale et la contre-gîte.

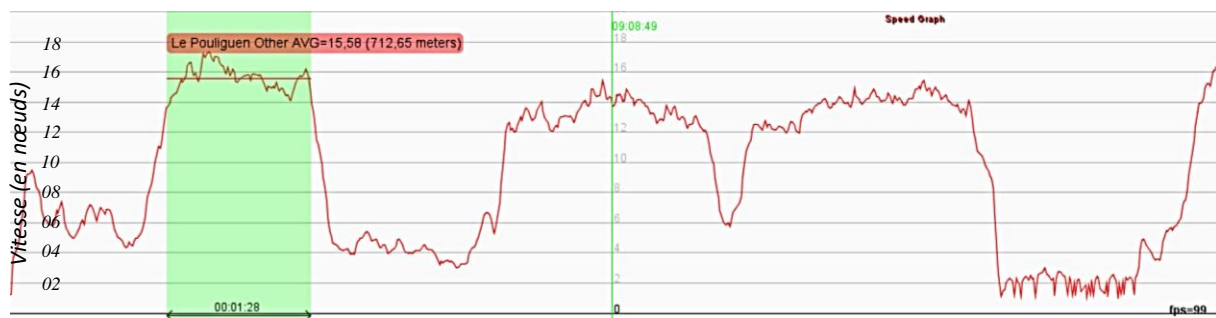


Figure 5. Extrait de la courbe de vitesse du bateau. La zone en vert correspond à la séquence de vol présentée dans l'Exemple 1 (Cas 1). La ligne horizontale rouge représente la vitesse moyenne sur cette séquence. L'échelle est indiquée par les lignes horizontales, l'écart entre deux lignes correspondant à deux nœuds.

Du point de vue du barreur ce bord fut marqué par la préoccupation de faire voler le bateau de manière contrôlée pour permettre à l'équipier de vivre ses premières sensations de vol en étant « calé » sur le bateau (sans que ce dernier ne perturbe le fonctionnement du bateau). Cette préoccupation est apparue avant le vol, avec une phase d'anticipation et de réglage du bateau. Il s'agissait pour le barreur d'anticiper les réglages auxquels il aurait difficilement accès au cours du vol (e.g., le foc, le rake), de manière à avoir un bateau qui décolle facilement tout en restant contrôlable par une seule personne. Ces réglages incluaient le positionnement physique du stagiaire sur la plateforme. Les extraits d'entretien suivants illustrent cette première phase : « je préréglais le bateau (...) de manière à ce qu'on ait pas de souci après (...), que le bateau soit le plus facile possible » [MONI_01mn29s]²⁷ ; « Là je l'installe [le stagiaire] je lui met... je le mets calé pour qu'il soit assez confortable (...) qu'il ait rien dans les mains et qu'il ait aucune tâche à faire, pour pas qu'il soit un petit peu perdu et... et au moment où ça vole, parce que c'est une sensation qu'on connaît pas euh, qu'on connaît pas avant de l'avoir expérimentée, donc c'était vraiment aussi, bah qu'il ait rien dans les mains, qu'il vive juste la sensation, qu'il se rende compte aussi de la vitesse de l'accélération, en regardant avec le paysage l'eau qui défile » [MONI_03mn54s]. Une fois le bateau lancé, les actions du barreur visaient à réguler la vitesse du bateau de manière à maintenir le vol malgré les vagues. Cette régulation en solitaire du catamaran était vécue comme physiquement sollicitante par le barreur. Les extraits d'entretien suivants illustrent cette phase de vol : « quand je vois qu'il y a une grosse vague qui arrive et que du coup je risque de ventiler un petit peu, je lofe un peu, je choque un peu pour essayer de ralentir un

²⁷ Ce codage renvoie à la retranscription des entretiens d'autoconfrontation dans l'Annexe 7.

petit peu le bateau pour qu'il décolle pas de la vague et qu'il redescende » [MONI_08mn42s] ; « *la gestion de l'écoute et de la barre est pas forcément évidente pour bien gérer (...) donc je fais pas autant de mouvements qu'il faudrait pour que le bateau soit en vol optimal quoi, j'essaye plutôt, ouais, d'économiser [de l'énergie]* » [MONI_09mn30s].

Du point de vue de l'équipier, ce premier bord fut marqué par la préoccupation de rester assis sans agir sur le bateau, en réponse à la demande du barreur, et de « découvrir » les mouvements du bateau en vol. Des connaissances construites par l'observation préalable du comportement de ce type de bateau délimitaient ses attentes initiales : les mouvements de contre-gîte sont des événements qui se produisent régulièrement sur ce type de bateau. Au cours de ce bord, les mouvements de contre-gîte du bateau ont permis à l'équipier de renforcer la validité du type « Les mouvements de contre-gîte sont des comportements typiques d'un catamaran volant », tout en construisant un nouveau type : « le bateau pardonne beaucoup », traduisant la naissance d'une relation de confiance entre le stagiaire et les mouvements du bateau. Les extraits d'entretiens suivants illustrent cette expérience : « *là c'était juste la découverte sans rien, rien dans les mains* » [STAG_02mn03s] ; « *c'est bizarre sur un catamaran que ça contre-gîte (...) du coup-là j'ai compris un peu les comportements basiques du bateau* » [STAG_02mn39s] ; « *c'est vrai que tu vois assez vite que le bateau pardonne beaucoup* » [STAG_02mn59s].

Cette situation a révélé un mode de fonctionnement basé sur la neutralisation des possibilités d'action de l'équipier (stagiaire) en lien avec le fonctionnement du bateau : sa position sur le bateau (assis, « calé » dans la sangle de rappel), l'absence de commande à disposition (i.e., ni écoute, ni barre), et les consignes préalables données par le barreur (moniteur) (i.e., rester assis sans rien faire) participaient à maintenir fermées ses possibilités d'action liées au fonctionnement actuel du bateau. Cette situation lui permettait néanmoins d'appréhender le champ de possibilités de mouvement du catamaran et d'être sensible aux invitations à percevoir les mouvements et déplacements du catamaran. Pour le barreur (moniteur), le maintien de cette neutralisation du coéquipier permettait de moduler ses propres possibilités d'action en répondant directement aux invitations à agir liées à la relation catamaran-environnement. Par exemple en réglant la vitesse pour que les vagues restent « franchissables » sans décrocher.

Exemple 2 : Prescription des possibilités d'action du barreur (stagiaire) par l'équipier (moniteur) pour orienter la diffusion d'invitations à agir entre coéquipiers

Sur ce bord, le stagiaire a pris la barre et le moniteur réglait le charriot et l'écoute de grand-voile. Une fois lancé, le bateau a navigué durant 4min58s à une vitesse moyenne de 15,10 nœuds ($\pm 0,90$) (figure 6). Au cours de ce bord, le bateau a alterné de longues phases de vol avec de brèves phases de skimming. Comparativement aux navigations 1et 2, l'assiette latérale présentait moins de variations entre la gîte et la contre-gîte.

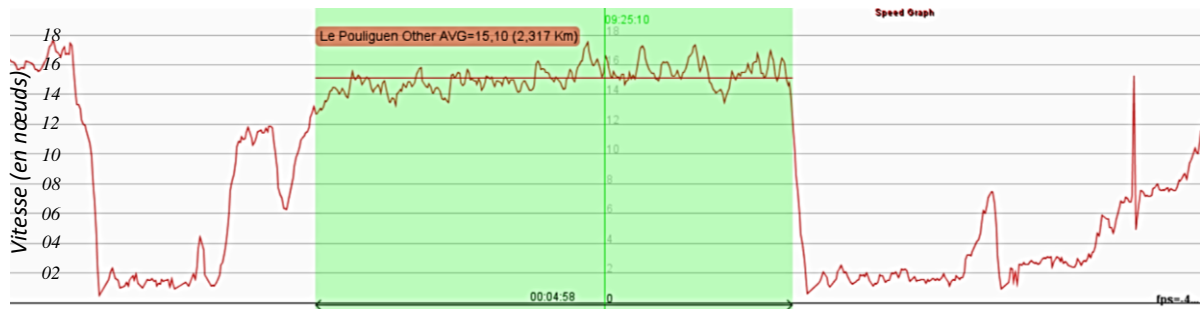


Figure 6. Extrait de la courbe de vitesse du bateau. La zone en vert correspond à la séquence de vol présentée dans l'Exemple 2 (Cas 1). La ligne horizontale rouge représente la vitesse moyenne sur cette séquence. L'échelle est indiquée par les lignes horizontales, l'écart entre deux lignes correspondant à deux nœuds.

Du point de vue du moniteur, ce bord fut marqué par la préoccupation de faire voler le bateau en sécurité avec le stagiaire à la barre, en l'aidant à maintenir sa focalisation sur le maintien du cap à travers une activité de surveillance (du comportement du stagiaire et du plan d'eau) et de « téléguidage » des actions du stagiaire. L'équipier s'attendait à ce qu'au cours du bord le barreur suive le cap sans prendre d'initiative, et à ce que d'éventuelles baisses de concentration du barreur se traduisent par des embardées du bateau. A ce stade de la séance, le moniteur avait construit des connaissances sur les compétences de navigateur du stagiaire. De plus, il mobilisait des connaissances sur les mouvements typiques de ce bateau à la barre et sur des connaissances issues d'expériences passées d'encadrement de stagiaires. Les verbalisations adressées au barreur visaient à le diriger sur un cap précis, soit en fonction des variations de vent pour voler ou maintenir le vol, soit en fonction des obstacles sur le plan d'eau pour les contourner en sécurité. Les actions de l'équipier visaient à stabiliser l'assiette du bateau en réglant la grand-voile de manière « automatisée » afin de rester focalisé sur l'activité du barreur. Ces extraits d'entretien illustrent ces expériences : « je le cale au près [le cap du bateau, en donnant un amer au stagiaire], et après en fait plus on va accélérer euh plus on va essayer de... je vais le faire suivre le vent, donc lui demander d'abattre » [MONI_26mn56s]; « ce que j'essaie de faire, enfin comme d'habitude garder le

bateau à plat, mais en fait j'essaye surtout de me défaire un peu de ça et d'être un peu automatique là-dessus pour me concentrer surtout sur euh, la trajectoire qu'il fait et sur le niveau de concentration (...) donc j'essaye vraiment qu'il reste bien focalisé sur ce qu'il doit faire et sur l'angle pour arriver à le faire voler aussi quoi, donc je me concentre surtout sur mon stagiaire, sur l'environnement parce-que (...) c'est pas trop ce dont il se préoccupe donc c'est à moi de sécuriser un petit peu la zone de navigation » [MONI_28mn28s].

Du point de vue du barreur ce bord fut marqué par la préoccupation de maintenir le cap indiqué par l'équipier tout en s'attendant à ce que le bateau soit très réactif en vol, et à avoir des difficultés à maintenir le cap. Les connaissances mobilisées par le barreur au cours de ce bord sont issues d'expériences passées à la barre de catamarans non volants, ainsi que d'expériences passées de contrôle de la direction d'un Kitefoil. Ses actions consistaient à tenir la barre pour maintenir le cap indiqué par le moniteur. Les vagues et les actions de l'équipier sur la voile étaient perçues comme des sources de perturbation limitant sa capacité à se concentrer sur le maintien du cap. Ses propres écarts de barre étaient perçus comme sources de perturbation du vol. Les extraits suivants d'entretien illustrent cette expérience : « *c'est très réactif dès que t'es sur foils et que tu barres* » [STAG_17mn31s]; « *ça tape dans la vague ou quand tu reprends la voile d'un coup t'as... tu vois ça..., mais j'avais, j'avais du mal à me concentrer sur mon cap* » [STAG_18mn19s]; « *je sentais, je voyais que je faisais des à-coups, je passais un peu, je faisais des écarts de barre* » ; « *la manière dont je barrais faisait que , on avait un peu du mal à garder le [vol] , comme je bougeais beaucoup on avait plus de mal à voler je pense* » [STAG_21mn03s].

Cette situation révèle un mode de fonctionnement basé sur la prescription par l'équipier (moniteur) des possibilités d'action du barreur (stagiaire). En effet, le moniteur limitait l'activité possible du stagiaire à travers ses instructions sur le cap à suivre. Pour l'équipier (moniteur) ce « téléguidage », ou prescription de l'activité du barreur (stagiaire) permettait de réguler les mouvements du bateau en limitant les interférences du stagiaire, celui-ci agissant comme un relais d'instruction. En ce sens, les possibilités d'action de l'équipier (moniteur) sur le fonctionnement du bateau étaient étendues par rapport à la situation précédente en accédant à davantage de contrôles. En revanche dans cette situation la modulation de ces possibilités d'action dépendait de l'engagement du barreur (stagiaire) pour suivre ces consignes prescriptives, alors même que des possibilités d'action sur le fonctionnement du bateau étaient ouvertes pour lui et que les sensations de barre et la perception de l'environnement l'invitaient à agir. Par ses prescriptions, l'équipier (moniteur)

visait à ce le stagiaire agisse à partir des invitations à agir diffusées par les instructions et non à partir de celles de l'environnement ou du bateau.

Exemple 3 : Proscription des possibilités d'action de l'équipier (stagiaire) par le barreur (moniteur) pour délimiter l'espace d'invitations à agir pour l'équipier (stagiaire)

Sur ce bord, le stagiaire au poste d'équipier s'était vu confier l'écoute de grand-voile par le moniteur. Ce dernier conservait le charriot de grand-voile et la barre. Un fois lancé, le bateau a évolué pendant 2min09s à une vitesse moyenne de 13,2 nœuds ($\pm 1,00$) (figure 7). Le bateau a navigué principalement en skimming avec une assiette latérale entre l'horizontale et la gîte. Les vols ont été de courte durée (quelques secondes) et accompagnés d'une tendance du bateau à prendre de la contre-gîte.

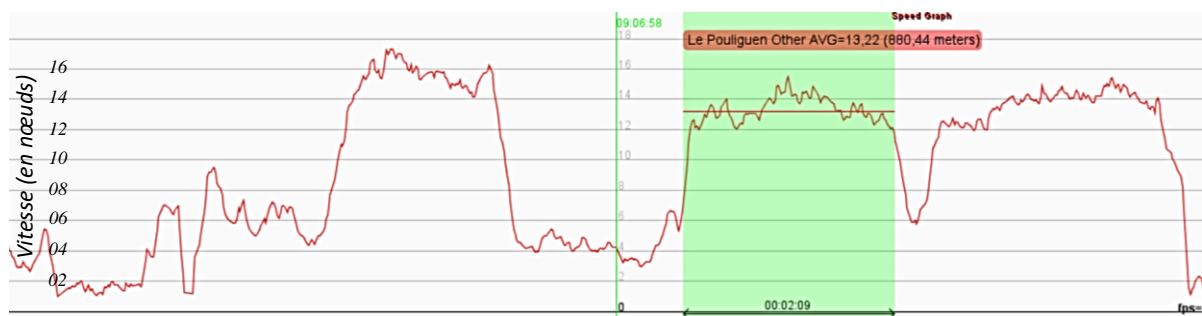


Figure 7. Extrait de la courbe de vitesse du bateau. La zone en vert correspond à la séquence de vol présentée dans l'Exemple 3 (Cas 1). La ligne horizontale rouge représente la vitesse moyenne sur cette séquence. L'échelle est indiquée par les lignes horizontales, l'écart entre deux lignes correspondant à deux nœuds.

Du point de vue du barreur (moniteur) ce bord fut marqué par la double préoccupation de contrôler l'assiette latérale avec le charriot pour aider à maintenir le bateau à plat et permettre le vol, tout en laissant l'équipier (stagiaire) percevoir l'effet de ses propres actions de régulation de la grand-voile sur les mouvements du bateau. Les attentes du barreur le préparaient à un vol instable et à ce que l'équipier commette des erreurs de régulation. Le barreur agissait en fonction de la perception qu'il avait de l'assiette du bateau et des actions de l'équipier sur l'écoute de grand-voile. Ces actions consistaient, d'une part, en des verbalisations du type « *voilà là on choque on choque, voilà et là on reborde* » [ONES_07mn53s] lorsqu'il percevait que l'équipier était en retard sur l'action requise sur l'écoute, et d'autre part, en des actions sur le charriot permettant de compenser partiellement l'effet de ce retard sur les variations d'assiette latérale. Ces extraits d'entretien illustrent ces expériences : « *bah là sur le premier truc effectivement il, il avait choqué un petit peu mais*

pas assez quoi, donc je lui... c'était surtout pour lui dire faut choquer plus, euh, après bien sûr en fait que au moment où je lui dit borde, au moment où je lui dit choque c'est déjà trop tard pour le bateau mais c'est plus pour qu'il se rende compte, qu'il essaye de se rendre compte qu'il fallait choquer [ou qu'il] fallait border, donc des fois c'est, des fois c'est un petit peu compliqué..., à jauger comment, jusqu'à quel point il faut le téléguider ou jusqu'à quel point il faut le laisser percevoir par lui-même » [MONI_18mn28s] ; « ça lui donne les informations [sentir le choqué de charriot du moniteur] donc ça peut être la pagaille un peu pour lui il a un peu du mal à faire mais au moins il sent un petit peu les, les moments en fait ou il faut faire [choquer la grand-voile] » [MONI_20mn16s].

Du point de vue de l'équipier ce bord fut marqué par la préoccupation de participer au fonctionnement du bateau, à travers l'écoute de grand-voile, pour le faire voler. A ce stade de la navigation, l'équipier avait construit des connaissances sur certains comportement typiques du bateau (e.g., « le bateau peut partir rapidement à la contre-gîte »), ainsi que sur la capacité du barreur à contrôler le bateau au cas où sa propre régulation se serait avérée inefficace. Les focalisations de l'équipier portaient sur le mouvement des étraves pour réguler la grand-voile. Ses actions de border/choquer étaient déclenchées en réaction aux variations d'assiette du bateau et à la sensation d'avoir plus ou moins de puissance dans la voile. Ces actions étaient modulées par l'équipier en réaction aux indications du barreur du type « *voilà là on choque on choque, voilà et là on reborde* » [ONES_07mn53s]²⁸, et aux actions sur le charriot effectuées par le barreur. Ces actions et verbalisations du moniteur étaient perçues par l'équipier comme indicateurs que l'action sur l'écoute avait été effectuée trop tardivement. Ces extraits d'entretiens illustrent ces expériences : « *j'ai envie de faire sortir le bateau de l'eau donc euh de lui maintenir sa puissance quoi (...) c'est un peu différent [par rapport à un catamaran non volant] parce que tu, euh, tu vas gêter, tu vas gêter beaucoup et puis ensuite parfois en, en redescendant de la gîte il va se lever sur ses foils et à ce moment-là quand tu redescend il faut déjà que tu sois en train de reborder pour garder cette puissance, euh, c'est ça qui est, que je découvre un petit peu au fur et à mesure là quoi » [STAG_07mn46s] ; « j'étais généralement trop tard à choquer et surtout je choquais pas assez et donc euh lui il envoyait le charriot pour reposer le bateau quoi, donc forcément c'est assez compliqué pour la régulation quand on est deux à la faire euh, mais c'était pour éviter de se planter » [STAG_11mn44s].*

Dans cette situation par rapport aux précédentes, un niveau plus élevé d'initiative a été laissé au stagiaire en position d'équipier. En régulant l'écoute de grand-voile, il participait

²⁸ Ce codage renvoie à la retranscription des conversations à bord de l'équipage Moniteur-Stagiaire dans l'Annexe 7

pleinement au fonctionnement du bateau. Cette augmentation de possibilités d'action pour le stagiaire sur le fonctionnement du bateau s'est accompagnée d'une augmentation des invitations à agir du catamaran (la voile devient « bordable/choquable » pour remettre le bateau à plat). Dans cette situation, le barreur (moniteur) délimitait ces invitations à agir issues des mouvements du bateau de la manière suivante : (a) en les laissant apparaître, pour cela il réduit volontairement son activité de régulation du charriot ; (b) en soulignant leur pertinence pour l'équipier (stagiaire) à travers des verbalisations (e.g., « borde », « choque ») ou des actions sur le charriot, perçues par l'équipier (stagiaire), lorsque les mouvements du bateau devenaient trop extrêmes. Dans cette situation, les performances du bateau en termes de vitesse et d'assiette étaient inférieures aux deux autres séquences au cours desquelles le moniteur participait davantage au fonctionnement du bateau. Mais cette diminution de la performance du bateau était associée à une augmentation des possibilités d'action du stagiaire.

4.2 Cas 2 : Production mutuelle d'invitations à agir par les coéquipiers modulant les possibilités d'action de chaque coéquipier

Ce mode de fonctionnement a été observé lors de la navigation de l'équipage « FP1 ». Celui-ci s'est actualisé selon deux modalités différentes, dans les deux périodes sélectionnées pour l'analyse : (a) production mutuelle d'invitations à agir à partir de contrôles indépendants, limitant les possibilités d'action de chaque coéquipier sur le bateau, et (b) production mutuelle d'invitations à agir à partir de contrôles partagés, limitant les possibilités d'action de chaque coéquipier sur le bateau.

Exemple 1 : Production mutuelle d'invitations à agir à partir de contrôles indépendants, limitant les possibilités d'action de chaque coéquipier sur le bateau

Sur ce bord de largue, la barreuse contrôlait la grand-voile (principalement avec le charriot) et l'équipier contrôlait le spi. Ce bord fut composé de deux parties. La première partie a duré 17 minutes au cours desquelles le bateau a alterné phases de vol, posés, et skimming à une vitesse moyenne de 12,30 nœuds ($\pm 2,36$) (figure 8). Cette première partie fut suivie d'une pause de 3min au cours de laquelle l'entraîneur a donné des consignes à l'équipage. Il a demandé à la barreuse de moins utiliser la grand-voile pour équilibrer le bateau et d'éviter de centrer le charriot pour conserver une propulsion suffisante. L'équipier devait quant-à-lui privilégier la gestion des appuis avant-arrière (i.e., appuis et déplacements longitudinaux), plutôt que rentrer-sortir (i.e., s'accroupir ou étendre son corps au trapèze). La

deuxième partie du bord, d'une durée de 9 minutes, fut interrompue momentanément par un problème de drisse sur le spi. En excluant cette interruption, la vitesse moyenne du bateau était de 12,6 nœuds ($\pm 1,07$) (figure 8). Durant la première partie du bord le bateau avait tendance à cabrer, gîter, à alterner des vols en montant parfois haut sur les foils avec des périodes de navigation en skimming ou posé. En comparaison, au cours de la deuxième partie du bord, le bateau a conservé une assiette latérale plus à plat, alternant des vols et des périodes de navigation en skimming, et s'est déplacé sur une trajectoire plus linéaire que lors de la première partie.



Figure 8. Extrait de la courbe de vitesse du bateau. La zone en vert correspond à la séquence de vol présentée dans l'Exemple 1 (cas 2). La ligne horizontale rouge représente la vitesse moyenne sur cette séquence. L'échelle est indiquée par les lignes grises horizontales, l'écart entre deux lignes correspondant à cinq nœuds. Nous pouvons distinguer sur cette courbe la première partie du bord, avec une vitesse très variable, suivie de la pause durant laquelle l'entraîneur a donné de nouvelles consignes, puis la deuxième partie du bord comportant une chute de vitesse momentanée lié à un problème avec la drisse de spi.

Du point de vue de la barreuse, nous avons distingué les phases de navigation posée ou en skimming, des phases de vol. Les phases de navigation posée ou en skimming furent marquées par la préoccupation de la barreuse de « trouver du vent » tout en évitant de perturber l'avancée du bateau par ses mouvements de barre ou actions sur le charriot d'écoute. Pour cela, elle s'attendait à ce que l'équipier l'informe sur des variations de vent ou sur la situation du spi (i.e., bordé au maximum ou pas), de manière à anticiper ses actions sur le bateau. Ces informations couplées à la perception qu'elle avait de la barre (e.g., barre « lourde »), des assiettes du bateau (e.g., plus ou moins gîté) et de la position de l'équipier au trapèze (e.g., plus ou moins tendu), ainsi que sa propre perception de l'environnement, lui permettaient de juger des possibilités d'abattre pour décoller. Les extraits d'entretien suivants illustrent cette expérience : « je suis en recherche d'informations (...) donc je me dis il faudrait peut-être que je lui demande un peu de me donner des infos pour éviter justement ces gros angles de barre, que je sois [pas] surprise [par la risée] et que d'un coup je fasse une grosse abattée et que je relofe » ; « je sentais que ça forçait dans la barre, je poussais la

barre [pour lofer] mais ça n'accélérait pas donc euh je me suis dit il y a un souci là, d'angle, c'est pas normal que ça accélère pas sur le speedo et c'est là où je me dis bah il faut quand même que je lui demande là où il en est lui euh avec son spi quoi » [BFP1_33mn17s] ; « [je vois] qu'il ne se tend pas au trapèze [l'équipier] alors que c'est à ce moment-là que j'en aurais eu besoin [le bateau gîte] plus que, enfin oui il se reculait mais j'aurais eu besoin aussi un peu plus de couple de rappel derrière pour éviter de perturber la voile ou la barre » [BFP1_32mn12s]. Les phases de navigation en vol furent marquées par la préoccupation de la barreuse de mettre le bateau à plat sur ses assiettes latérales et longitudinale et d'abattre sans perdre le vol. La barreuse s'attendait à ce que le bateau accélère une fois à plat, et que l'équipier participe au contrôle de l'assiette latérale en se tendant au trapèze quand le bateau gîte. Ces attentes et préoccupations étaient circonscrites par des connaissances de la barreuse selon lesquelles il faut privilégier d'abord le couple de rappel pour contrer la gîte, plutôt que des actions d'ouverture/fermeture de voile. Les actions de la barreuse consistaient durant ces phases en des border/choquer de charriot et des mouvements de barre de grande amplitude. Elles s'accompagnaient de la perception d'un vol instable et perturbé par les mouvements de l'équipier, provoquant des « à-coups » dans le bateau. Au cours de cette première partie, le type « il faut communiquer davantage avec l'équipier » a été renforcé et le type « dans ces conditions la régulation au charriot ne permet pas de stabiliser le vol » a été construit. Ce type a été renforcé au cours de la pause avec les explications de l'entraîneur selon lesquelles dans ces conditions il ne faut pas chercher à stabiliser le vol en centrant le charriot mais au contraire privilégier la propulsion. Les extraits suivants d'entretien illustrent ces expériences : « on [ne] faisait que des zig-zags mais sans gain [de distance sous le vent] quoi parce qu'au final quand j'abattais le souci c'est que j'arrivais pas bien à maintenir euh le vol ou la vitesse, du coup je relofais » [BFP1_22mn17s]. ; « [je cherchais] à garder le vol et à accélérer, garder le vol en étant à plat quand même. En même temps j'avais du mal à remettre le bateau à plat parce que l'équipier, je regardais un tout petit peu il était déjà tendu au trapèze, moi j'étais déjà sur la coque, donc euh vu que je suis resté un peu fixée sur mon idée que je voulais pas trop abattre [pour ne pas risquer de perdre le vol], j'essaye de jouer au charriot mais bon je voyais que ça marchait pas quand même » [BFP1_17mn58s]. Lors de la deuxième partie du bord la structure de préparation de la barreuse a évolué en intégrant les types précédemment construits ou renforcés, la conduisant à moins recentrer le charriot après l'avoir choqué. Cette deuxième partie du bord fut associée pour la barreuse à la perception d'un vol plus stable, et une barre plus agréable.

Du point de vue de l'équipier ce bord fut marqué par la préoccupation de réguler finement le spi, l'assiette latérale du bateau, en se tendant ou s'accroupissant au trapèze, et l'assiette longitudinale, en se déplaçant d'avant en arrière. Ses attentes concernaient les mouvements de gîte du bateau en relation avec les variations de vent (e.g., gîte lorsqu'il y a une risée), ainsi que les actions de la barreuse associées à ces mouvements du bateau (e.g., que la barreuse abatte si le bateau gîte). Lors des phases de navigation posée ou en *skimming*, le type « il faut regarder à l'extérieur pour annoncer les pressions à la barreuse » a été renforcé lorsque la barreuse lui a demandé avec insistance si de la « pression » [risée] arrivait. Durant l'ensemble du bord, les focalisations de l'équipier portaient sur le réglage du spi et la gestion de l'assiette du bateau, ses actions consistaient à se mettre en boule et choquer de l'écoute de spi lorsqu'il percevait que le bateau « revenait sur lui » (i.e., descente de la coque au vent) en perdant de la puissance ou à se tendre et border lorsque le bateau accélérât. Au cours du bord, en se réhaussant au trapèze il a constaté une amélioration de sa capacité à réguler l'assiette latérale et à réguler le spi. Les choqués de charriot d'écoute de la barreuse, perçus à travers le bateau, lui permettaient d'évaluer la qualité de la coordination à bord. Ainsi, lorsqu'il percevait des choqués de charriot en même temps qu'il bordait le spi et que le bateau restait en vol, il qualifiait la coordination de « bonne ». En contrepartie, la perception d'actions de la barreuse sur le charriot associées à un bateau qui peinait à décoller était identifiée comme un indice de dysfonctionnement. L'équipier interprétait cela comme une manière pour la barreuse de rattraper les erreurs de déplacement. Les extraits suivants d'entretien illustrent ces expériences : « *dans les moments où elle choque un tout petit peu le charriot là, dans les pieds je sens tout quoi, donc euh, là je, quand la barreuse elle fait ça, quand elle choque du charriot quand on est en vol, moi je trouve ça génial, parce que je sais qu'elle est bien dans son secteur qu'elle est, qu'elle sent bien le bateau, qu'elle cherche à le faire avancer et que moi je suis calé au trapèze en train de régler mon spi, donc là sur cette phase là on est, je suis content* » [EFPI_22mn55s] ; « *à un moment elle a choqué le charriot et j'ai senti que le bateau en fait il est retombé direct après elle l'a repris le bateau il a gîté, là tu vois je lui ai pas trop dit mais je lui ai dit, enfin dans ma tête je fais non, à mon avis c'est pas le charriot qu'il fallait toucher c'est autre chose, peut-être c'est moi qui fallait plus me reculer ou... je pense que des fois elle veut rattraper un peu mes erreurs au charriot alors que c'est à moi de bouger je pense sur le bateau* » EFPI_24mn04s]. La deuxième partie du bord fut associée par l'équipier à la perception d'un bateau mieux équilibré malgré un vent mollissant, et d'actions plus fines de la part de la barreuse, comme l'illustre cet extrait d'entretien : « *je sens que le bateau est plus stable qu'au départ, qu'il y a moins de différence*

de vitesse, et puis par contre je sens vraiment qu'il y a moins d'air là et que la barreuse fait tout pour que le bateau soit bien à plat, qu'il y ait bien de la pression dedans pour bien affiner nos réglages » [EFPI_38mn32s].

Cette situation révèle un mode de fonctionnement basé sur la co-modulation des possibilités d'action de chaque coéquipier, liée à une production mutuelle d'invitations à agir. Durant cette période, les coéquipiers étaient en interaction sur des éléments du catamaran *a priori* indépendants : l'équipier réglait le fonctionnement du bateau à travers le spi et ses déplacements latéraux et longitudinaux ; la barreuse réglait le fonctionnement du bateau à travers la barre et le charriot de grand-voile. Pour chaque coéquipier, une partie des invitations à agir en lien avec le fonctionnement du bateau était produite par son coéquipier. Par exemple pour la barreuse, la perception de la gîte du bateau associée à la vision de son équipier insuffisamment tendu au trapèze l'invitait à ouvrir la grand-voile et/ou abattre. Pour l'équipier, la perception des actions de la barreuse sur le charriot associée à la perception des mouvements du bateau étaient des invitations à maintenir ou modifier sa position. En ce sens, les possibilités d'action mutuelles étaient constamment modulées par les invitations produites par le comportement du coéquipier, pouvant conduire à une activité collective de compensations réciproques. Ces compensations réciproques pouvaient limiter les possibilités d'influence de chaque coéquipier sur le fonctionnement *du bateau* en les renvoyant y niveau du au fonctionnement *de l'équipage*. Autrement dit, les possibilités d'action de chaque coéquipier se limitaient à ce qu'il pouvait faire par rapport à son partenaire. La stabilisation du vol sur la deuxième partie du bord fut associée à une moindre activité de régulation du charriot par la barreuse, limitant l'émergence d'activités compensatoires réciproques, tout en ouvrant des possibilités d'accélération du catamaran (et donc du maintien du vol) à travers une relation vent/voile moins perturbée.

Exemple 2 : Production mutuelle d'invitations à agir à partir de contrôles partagés, limitant les possibilités d'action de chaque coéquipier sur le bateau

Sur ce bord de près, la barreuse contrôlait la barre et le charriot, l'équipier contrôlait l'écoute de grand-voile. Nous avons analysé un épisode d'une durée de 7mn20sec. Durant cette période, le bateau a navigué à une vitesse moyenne de 11,16 nœuds ($\pm 2,35$) (figure 9). Deux plateaux de vitesse ont été observés. Le premier plateau correspondait à une phase de navigation en *skimming* avec une gîte plus ou moins prononcée, au cours de laquelle les premières montées sur les foils ont eu lieu en même temps que le bateau se remettait à plat sur son assiette latérale. Le deuxième plateau correspondait au premier long vol de ce bord.

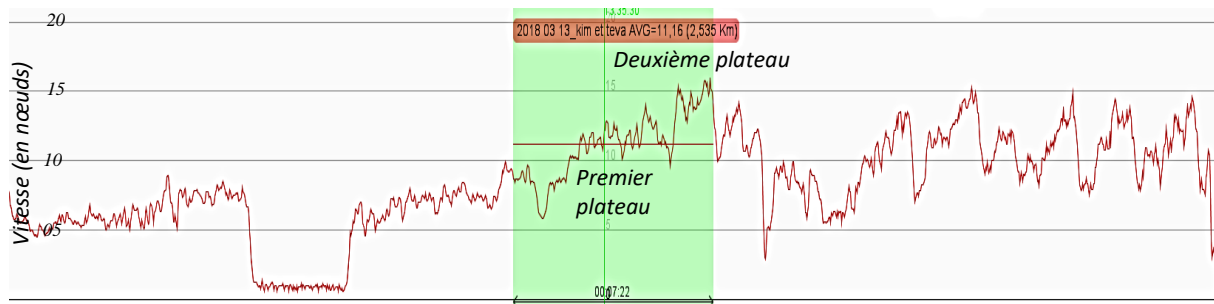


Figure 9. Extrait de la courbe de vitesse du bateau. La zone en vert correspond à la séquence de vol présentée dans l'Exemple 2 (Cas 2). La ligne horizontale rouge représente la vitesse moyenne sur cette séquence. L'échelle est indiquée par les lignes horizontales, l'écart entre deux lignes correspondant à deux nœuds. On constate une augmentation de la vitesse vers un premier plateau de vitesse correspondant à une navigation en skimming avec les premières montées du bateau sur les foils, suivi d'un deuxième plateau correspondant au premier long vol.

Du point de vue de la barreuse ce bord fut marqué par la préoccupation de décoller en limitant la perte de gain au vent. Pour atteindre la vitesse de décollage la barreuse s'attendait à ce que l'équipier choque la grand-voile en entrant dans les risées, pour qu'elle puisse abattre et faire accélérer le bateau sans augmenter la gîte. En verbalisant ses actions (e.g., « on tire un peu sur la barre » ; « j'essaye d'abattre un peu plus ») elle cherchait à inviter l'équipier à l'accompagner en choquant de la grand-voile. Lors des premières tentatives de décollage elle a senti le bateau « bloqué » par l'équipier dont elle percevait qu'il ne choquait pas la grand-voile. Ses actions sur le charriot de grand-voile visaient à remettre le bateau à plat lorsqu'il gîtait. A partir de la demande de l'équipier de « ne réguler qu'à la GV » (interprétée comme une demande de cesser de réguler avec le charriot d'écoute) la focalisation de la barreuse fut portée davantage sur la trajectoire et la vitesse, tout en conservant le charriot en main pour choquer au cas où l'équipier n'agirait pas correctement dans la risée approchante (en choquant suffisamment la grand-voile). Une fois en vol, l'action de la barreuse sur le charriot d'écoute visait à maintenir de la tension de chute pour stabiliser le vol et garder de la puissance en réaction aux choqués de grand-voile de l'équipier. Les extraits d'entretien suivants illustrent ces expériences : « à un moment je lui dis 'je tire un peu la barre' ... il y a une contradiction il a rebordé un peu la grand-voile et (...) le bateau il a pas accéléré quoi, ça a freiné le bateau et ça a bloqué quoi » ; « quand il me dit il y a une pression dans 5 longueurs et il fait le décompte, moi je me prépare mais je me prépare quand même à choquer le charriot parce que je sais pas s'il va m'accompagner , alors j'ai quand même toujours mon petit charriot dans la main pour essayer de choquer un tout petit peu si besoin est » [BFP1_01h06mn33s];

« j'ai quand même un réflexe après de choquer le charriot quand même pour garder euh la chute tendue » [BFP1_=1h05mn32s].

Du point de vue de l'équipier ce bord fut marqué par la préoccupation de faire gîter le bateau en bordant la grand-voile. Cette préoccupation est liée à la connaissance mobilisée par l'équipier selon laquelle lorsque le bateau gîte, choquer la grand-voile remet de la portance sous le foil ce qui aide à faire décoller le bateau. La validité de ce type est renforcée par la constatation que le bateau monte légèrement sur ses foils après avoir choqué un peu de grand-voile au moment où il était bien gîté. Cette validation, associée à la perception d'à-coups dans le bateau liés à la régulation de la barre et du charriot, l'ont amené à formuler la demande de « ne réguler qu'à la GV ». Ces extraits d'entretien illustrent cette expérience : « je cherche vraiment à donner de la gîte, c'est ça, c'est tout simple, c'est je suis au trapèze (...) je sens qu'il y a plus de pression donc je borde, je m'attends que le bateau parte à la gîte » [EFP1_52mn19s]; « j'ai choqué un tout petit peu mais genre 2cm et t'as vu le bateau il a levé mais direct quoi, donc pour moi pour un début de vol au près c'est comme ça qu'on le fait voler quoi » [EFP1_53mn17s]; « dès qu'elle choquait [le charriot d'écoute] en fait elle touchait un peu à la barre et en plus dès qu'elle ouvrait de la voile on perdait de la puissance et je trouve c'était mauvais » [EFP1_54mn02s]; « on était carrément rentrés dans la pression (...) je pense que là si je ne lui avais pas dit à la barreuse, elle aurait choqué du charriot et ça aurait foiré quelque part et alors que là c'était, le bateau en fait t'as vu il a levé directement [la coque au vent] et j'avais juste en fait à relâcher un peu de grand-voile, et je sens que le bateau part [en vol] quoi » [EFP1_57mn35s].

Cette situation est comparable à la précédente, la différence étant que dans la situation présente les deux coéquipiers étaient au trapèze et se partageaient le contrôle de la grand-voile à travers l'écoute (équipier) et le charriot d'écoute (barreuse). Cette situation a révélé un phénomène de compensation mutuelle par les coéquipiers des mouvements du catamaran produit par des réponses contradictoires à des invitations à agir : tandis que la barreuse était invitée à abattre par la perception d'une risée, l'équipier était invité à rester bordé pour faire gîter le bateau par sa perception de la même risée. La barreuse choquait alors du charriot pour compenser la tendance de l'équipier à rester bordé, invitant par là-même l'équipier à border davantage la grand-voile pour garder de la puissance et faire gîter le bateau. Dans cette situation, les réponses à ces invitations mutuelles « bloquaient » le bateau ne lui permettant pas d'accélérer à la vitesse nécessaire pour prendre son envol. Le décollage du bateau fut

concomitant à une neutralisation partielle des actions de la barreuse, qui avait accepté en l'occurrence de limiter temporairement ses actions sur le charriot.

4.3 Cas 3 : Modulation des possibilités de mouvement du catamaran pour les rendre compatibles avec les possibilités d'action de l'équipage

Ce mode de fonctionnement a été observé lors de la navigation de l'équipage « FP2 ». Celui-ci s'est actualisé selon deux modalités différentes, dans les deux périodes sélectionnées pour l'analyse : (a) réduire les possibilités de mouvement du catamaran pour les rendre compatibles avec les possibilités d'action de l'équipage, et (b) augmenter les possibilités de mouvement du catamaran pour les rendre compatibles avec les possibilités d'action de l'équipage.

Lors des deux premiers bords de largue de cette séance, l'équipage avait hissé le spi. Ces premiers bords avaient été marqués par des décrochages intempestifs du bateau auxquels l'équipage n'avait pu attribuer de cause directe. Les deux bords que nous avons analysés sont les deux bords de largue qui ont suivi, cette fois-ci sans spi. Ce choix permet *a priori* d'atteindre des vitesses plus élevées mais au prix de rendre plus difficile le contrôle du bateau. Dans cette situation le barreur était assis sur le trampoline et contrôlait la barre et le charriot d'écoute, tandis que l'équipier était au trapèze et contrôlait l'écoute de grand-voile.

Exemple 1 : Réduire les possibilités de mouvement du catamaran pour les rendre compatibles avec les possibilités d'action de l'équipage

Nous avons analysé ce bord de largue sur une durée de 1mn00s. Durant cette période le bateau a navigué à une vitesse moyenne de 15,64 nœuds ($\pm 2,54$) (figure 10). Au cours de ce bord, après une première accélération en vol le bateau a décroché violemment, puis est passé par une phase de navigation en *skimming* avant de reprendre le vol. A la suite d'une accélération l'étrave sous le vent a enfourné, freinant le bateau. Un troisième décollage s'est alors produit, avec une nouvelle accélération avant que la coque sous le vent ne vienne se reposer, engendrant un nouvel enfournement de l'étrave et un nouveau freinage du bateau.

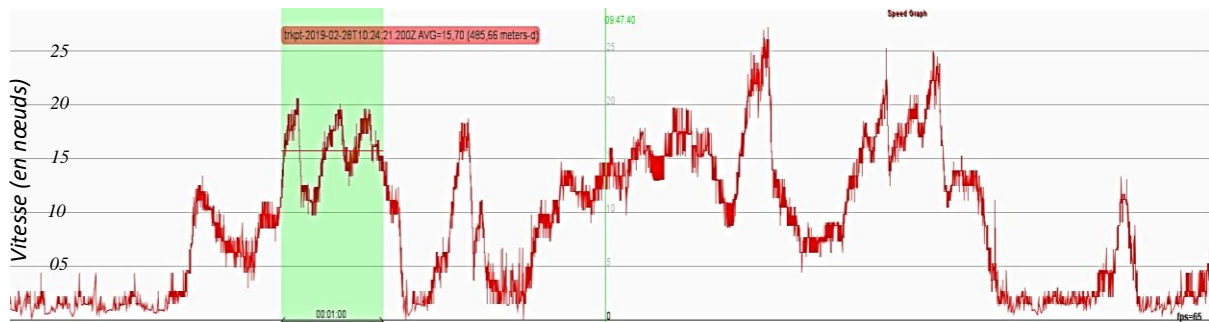


Figure 10. Extrait de la courbe de vitesse du bateau. La zone en vert correspond à la séquence de vol présentée dans l'Exemple 1 (cas 3). La ligne horizontale rouge représente la vitesse moyenne sur cette séquence. L'échelle est indiquée par les lignes grises horizontales, l'écart deux lignes correspondant à cinq nœuds.

Du point de vue du barreur ce bord fut marqué par la préoccupation de privilégier la sécurité sur la performance en cherchant notamment à éviter que le bateau ne décolle soudainement, vole trop haut et décroche. De plus, lorsque le bateau était en phase de vol la préoccupation était d'être prêt à choquer le charriot de grand-voile pour essayer d'arrêter le bateau « si besoin », sachant que sur ces bateaux aucune procédure ne permet de s'arrêter rapidement et sans danger en cas de perte de contrôle. Le décrochage des foils après le décollage du bateau a renforcé le type « les foils décrochent sans prévenir ». À la suite de ce décrochage, les connaissances mobilisées par le barreur en termes de relation entre les mouvements du bateau et le réglage de l'incidence des foils l'ont incité à réduire le rake de manière à rendre le décollage plus progressif et ainsi pouvoir anticiper une éventuelle perte de contrôle. Après cette modification de l'incidence des foils, le barreur a senti que le bateau était plus difficile à faire décoller. Ses jugements perceptifs au cours de ce bord étaient celles d'un vol « fragile », associés au sentiment de ne pas maîtriser le bateau. Ses actions sur le bateau se réalisaient selon ses propres termes en « mode safe », en privilégiant le maintien du contrôle plutôt que la recherche de vitesse. Les extraits d'entretien suivants illustrent ces expériences : « t'as l'impression que tu maîtrises pas tout le bateau et que ça peut partir sans que tu sois euh, vraiment prêt quoi » [BFP2_41mn08s]; « je dérake, je réduis l'incidence du foil donc ça évitait que le bateau il parte haut d'un coup qu'on maîtrise pas ça tu vois, essayer de faire un décollage progressif » [BFP2_41mn57s]; « je bloque un peu plus, je suis plus [davantage] concentré, enfin je suis plus dans un mode safe tu vois, en mode, je cherche pas vraiment de la performance je cherche à faire voler le bateau, juste safe » [BFP2_43,m11s].

Du point de vue de l'équipier ce bord fut marqué par la préoccupation de maintenir l'équilibre longitudinal du bateau dans les accélérations tout en préservant sa sécurité. Ses attentes étaient que le bateau ne réagisse pas toujours à ses déplacements et décroche parfois

sans prévenir. Sur ce bord, l'équipier mobilisait des connaissances concernant les « sanctions possibles » en cas de décrochage des foils à haute vitesse. Il était focalisé sur l'étrave sous le vent dont il constatait qu'elle avait tendance à « planter » (enfournier) lorsque le bateau accélérât en skimming, ce qui le conduisait à se reculer sur le bateau. Après le décollage il s'avancé en bordant l'écoute de grand-voile tout en maintenant les jambes très écartées, afin d'éviter d'être projeté vers l'avant lors des freinages provoqués par les décrochages des foils. A la suite du réglage de l'incidence du foil par le barreur, l'enfournement de l'étrave sous le vent s'est produit au même moment que le déplacement de l'équipier vers l'avant après le décollage. Cette mise en relation d'événements contribua à la validation du type « le bateau plante dès que je m'avance ». Les extraits suivants d'entretien illustrent ces expériences : « *là on navigue sans spi donc, en général, tu vas beaucoup plus vite et t'es un peu plus haut quoi normalement mais (...) je vois c'est qu'on décroche toujours quoi donc ça c'est pas trop une bonne nouvelle quoi donc dans ma tête je me dis, ouais toujours être alerte sur les plantés pour pas partir devant* » [EFP2_32mn01s] ; « *tu vois on replante encore là !... ça c'est hyper chiant on arrive pas à avoir un vol stable quoi* » [EFP2_32mn01s]. « *[Mes actions] c'est d'essayer de se reculer pour faire décoller et de se réavancer pour stabiliser le bateau comme on fait d'habitude mais là [après la modification du réglage du rake par le barreur]... dès que je me ravance un peu, t'as vu, on replante direct ici quoi !* » [EFP2_33mn01s].

Cette situation révèle un mode de fonctionnement basé sur une limitation des possibilités de mouvements du catamaran grâce à une diminution du rake. A travers ce réglage, l'équipage cherchait à rendre compatibles les possibilités de mouvement du catamaran avec les possibilités d'action de l'équipage. Paradoxalement ce réglage a limité les possibilités de déplacement longitudinaux de l'équipier qui devait se reculer davantage pour éviter l'enfournement. Il est communément admis que ces bateaux sont plus stables en vol lorsque l'équipage est plus écarté sur le bateau, ce regroupement vers l'arrière limitait par conséquent la capacité de l'équipage à contrôler le vol.

Exemple 2 : Augmenter les possibilités de mouvement du catamaran pour les rendre compatibles avec les possibilités d'action de l'équipage.

Nous avons analysé ce bord de large sur une durée de 1min20s. Durant cette période le bateau a navigué à une vitesse moyenne de 16,14 nœuds ($\pm 3,76$) (figure 11). Au cours de ce bord le bateau a d'abord navigué en skimming, puis a décollé une première fois avant de subir un décrochage au bout de quelques secondes. Après une nouvelle phase de skimming le bateau a repris le vol en gîtant et en accélérant à plus de 25 nœuds avant de décrocher

violemment à nouveau. Quelques secondes avant ce décrochage le foil du safran de la coque au vent était au niveau de la surface de l'eau.

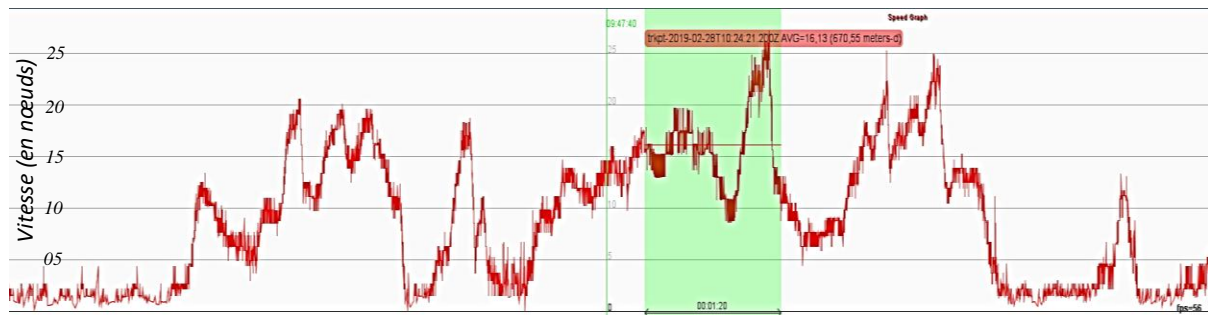


Figure 11. Extrait de la courbe de vitesse du bateau. La zone en vert correspond à la séquence de vol présentée dans l'Exemple 2 (cas 3). La ligne horizontale rouge représente la vitesse moyenne sur cette séquence. L'échelle est indiquée par les lignes grises horizontales, l'écart entre deux lignes correspondant à cinq nœuds

Du point de vue du barreur comme de celui de l'équipier, ce bord est similaire au bord décrit précédemment. Au début de ce bord, les deux coéquipiers percevaient que les étraves du bateau étaient trop basses et que le bateau ne décollait pas malgré une vitesse dépassant 15 nœuds (il est communément admis que ce bateau peut décoller à partir de 10 nœuds de vitesse). Cette situation fut qualifiée de « flippante » par le barreur et de « dangereuse » par l'équipier. Tandis que dans la situation précédente le barreur avait réduit l'incidence du foil en cherchant à obtenir un décollage plus progressif, dans cette situation l'incidence du foil fut augmentée d'abord par l'équipier puis par le barreur. Comme dans la situation précédente l'équipier était très reculé pour aider le bateau à décoller. Le bateau a décollé une première fois, avant de décrocher. Une fois relancé, une risée a provoqué une forte accélération du bateau atteignant une vitesse de 26 nœuds avant de décrocher à nouveau.

Comme dans l'exemple précédent, l'équipage avait modifié le réglage du rake pour retrouver un équilibre entre les possibilités de mouvements du catamaran et les possibilités d'action des coéquipiers sur le bateau. Cependant dans ces conditions de navigation, le bateau une fois en vol ne cessait d'accélérer, sans possibilité pour l'équipage de contrôler précisément cette accélération ni la tendance du catamaran à monter sur ses foils, la portance des foils augmentant de manière exponentielle avec la vitesse. Cet « emballement », lorsqu'il se produit, continue jusqu'à ce que le catamaran atteigne sa vitesse maximale compte tenu du vent, ou, comme cela est souvent le cas dans le vent fort, jusqu'à ce qu'il monte trop haut sur ses foils et décroche. Autrement dit, lorsque cet emballement s'est produit, l'équipage ne pouvait « rien faire de plus ». Ces situations étaient vécues émotionnellement comme particulièrement intenses pour l'équipage.

4.4 Cas 4 : Modulation des possibilités de mouvement le catamaran par la modulation des possibilités d'action de l'équipage

Ce mode de fonctionnement a été observé lors de la navigation de l'équipage de « Nacra 17 ».

Exemple : Limiter toute possibilité de mouvement du catamaran et subir un décrochage des foils

Sur ce bord de largue, le vol a duré 1mn48s à une vitesse moyenne de 14,59 nœuds ($\pm 0,60$) (figure 12). Au cours de ce bord le bateau a décollé facilement et a volé pendant 50 secondes en restant bien à plat tout en maintenant un cap relativement linéaire, uniquement perturbé par une légère embardée consécutive à un déplacement vers l'avant de l'équipière. Cette période fut suivie d'environ 15 secondes de vol présentant des caractéristiques de stabilité moindre avec de légers coups de gîte et des variations de cap plus amples. Le vol s'est ensuite de nouveau stabilisé progressivement pendant 30 secondes jusqu'à atteindre une stabilité « parfaite » pendant une dizaine de secondes au cours desquelles les mouvements du bateau sont devenus quasiment imperceptibles. Au cours de ces 30 secondes la vitesse moyenne fut de 15,13 nœuds ($\pm 0,33$). Cette période de grande stabilité s'est achevée avec un décrochage du foil sous le vent. Au moment du décrochage le coude du foil était à fleur d'eau et l'écoulement fut perturbé par le passage du foil dans le clapot (figure 13).

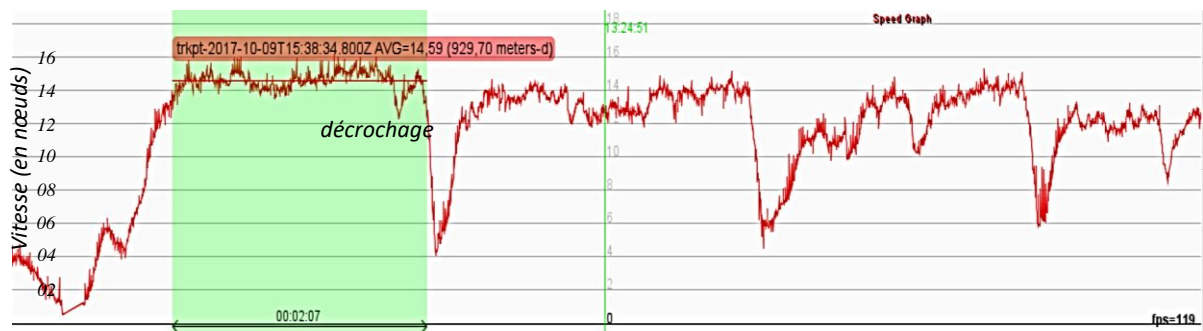


Figure 12. Extrait de la courbe de vitesse du bateau. La zone en vert correspond à la séquence de vol présentée dans cet exemple (Cas 4). La ligne horizontale rouge représente la vitesse moyenne sur cette séquence. L'échelle est indiquée par les lignes horizontales, l'écart entre deux lignes correspondant à deux nœuds. On constate une perte de vitesse liée au décrochage quelques secondes avant la fin du bord. Ce décrochage fut précédé d'une période extrêmement stable au cours de laquelle on observe un plateau de vitesse nettement supérieur à la vitesse moyenne du bord.



Figure 13. Séquence photographique du décrochage du foil, de gauche à droite : Sur la première photo le foil sous le vent est à fleur d'eau dans le passage d'un clapot transversal. Sur la deuxième photo l'écoulement d'eau autour du foil n'est plus laminaire. Sur la troisième photo le bateau descend et va taper l'eau suite à la perte de portance du foil sous le vent

Du point de vue du barreur ce vol fut marqué par la préoccupation de maintenir le bateau le plus à plat possible et de bouger le moins possible. Au cours de la période d'instabilité le barreur a construit le type « il faut abattre plus franchement quand ça gête », c'est-à-dire réagir plus vite à une variation d'assiette latérale pour que le même mouvement soit plus efficace, au lieu de laisser l'amplitude de mouvement du bateau augmenter. La période de vol stable fut marquée par la focalisation du barreur sur le « lissage » de ses actions. Il percevait une diminution des frottements, un bateau « qui accélère », une assiette qui ne « bouge pas » pendant plusieurs secondes, et avait la sensation qu'il n'y avait plus besoin de réguler. Au cours de ce vol le barreur a validé le type « c'est quand on bouge le moins que c'est le plus stable ». Cet extrait d'entretien illustre cette expérience : « *Je suis en train de me dire là c'est une bonne phase j'essaye de regarder pourquoi, quoi. Donc euh là pour moi c'est parce que dès que j'arrivais à stabiliser la barre et l'écoute et que ça durait 100m sans que j'ai plus rien à toucher c'était une bonne phase et en fait pour arriver à ça il faut que tu te dises en permanence d'essayer de lisser les... les actions et plus tu lisses plus t'es précis en fait.* » [BA17_13mn39s]

Du point de vue de l'équipière ce bord fut marqué par la préoccupation de maintenir le bateau à plat dans une position optimale : légèrement *bow down* (avec les étraves pointant légèrement vers le bas). Après le décollage, une fois le bateau stabilisé l'équipière percevait le bateau bien calé, volant haut, la sensation que le bateau est facile, qu'il « fait le camion », c'est-à-dire avance tout seul. Elle percevait de plus que chacun de ses mouvements perturbait le bateau. En cherchant à s'avancer pour optimiser l'assiette longitudinale pour positionner le bateau en *bow down* elle était concentrée pour ne pas faire retomber le bateau. Au cours de la

période d'instabilité elle a choqué et repris de l'écoute de spi pour accompagner les variations du vent apparent liées aux modifications de trajectoire du bateau. Elle a également suggéré au barreur d'« abattre plus tôt dès que ça gêne ». Une fois le bateau de nouveau stable, sa préoccupation était de « bouger le moins possible ». Au cours de cette phase l'équipière a renforcé la validité des types « le bateau peut être très stable en bougeant très peu » et « Il faut être bien à plat pour être stable ». Cet extrait d'entretien illustre cette expérience : *« j'essaye vraiment de bouger juste un tout petit peu soit le bassin soit les, appuyer sur les pieds mais euh vraiment légèrement par rapport à d'habitude, là j'ai l'impression de rien faire sur le bateau par rapport à d'habitude, mais ça marche bien (...)d'habitude je suis obligée de plus courir sur le bateau parce qu'on est moins calés en assiette latérale du coup il faut toujours que je rattrape un petit peu le bateau alors que là, vu qu'il est vraiment bien à plat c'est des micro réglages, même des fois je fais rien d'ailleurs » [EQ17_08mn37s]*

Ce cas révèle un mode de régulation basé sur une limitation de possibilités de mouvements du bateau à travers une restriction volontaire des actions de l'équipage. Dans ce cas les conditions environnementales pouvaient être considérées comme « idéales » pour stabiliser le vol (i.e., vent modéré et stable, plan d'eau plat). La recherche de stabilité maximale de vol par l'équipage s'accompagne, pour chaque coéquipier, d'une restriction volontaire de l'amplitude de ses actions de manière à ne pas perturber le vol du bateau, ainsi que la recherche d'une hauteur de vol et d'assiettes « optimales ». Ainsi, l'équipage diminue délibérément ses possibilités d'action. Dans cette situation, en visant la stabilité « maximale » du bateau dans une position « optimale » (d'assiettes et de hauteur de vol), tout en limitant leurs propres mouvements pour atteindre cet état du système, l'équipage et le catamaran tendent métaphoriquement à former un « bloc rigide », qui limite les possibilités d'adaptation du catamaran aux variations environnementales. En effet, une telle adaptation supposerait : (a) une augmentation temporaire de l'amplitude des mouvements de l'équipage, ce qui va à l'encontre de leur engagement dans la situation, ou (b) une capacité intrinsèque du catamaran à autoréguler la portance des foils ou la puissance des voiles. Or bien que les formes et matériaux des foils et des voiles permettent un certain degré d'autorégulation, cette capacité ne suffit pas à elle seule à adapter le bateau aux variations environnementales, et doit être accompagnée d'anticipations et d'une régulation de l'équipage. L'absence de mouvements du catamaran réduit sa production d'invitations à agir pour l'équipage et donc la capacité d'anticipation de celui-ci. C'est ainsi notamment que dans ce cas, le passage d'un clapot un peu plus prononcé que les autres a suffi à produire un décrochage du foil.

5 Discussion de l'Étude 3

L'objectif de cette étude était d'appréhender l'organisation interne du système « équipage-catamaran » permettant de créer et maintenir le vol, c'est-à-dire, ce que nous avons défini comme le domaine de viabilité de ce système dans le cadre de cette étude. Les quatre cas présentés révèlent des modes de fonctionnement basés sur la modulation de possibilités d'action des coéquipiers et de possibilités de mouvement du bateau, associée à la modulation d'invitations à agir pour les coéquipiers.

5.1 Fluctuation interpersonnelle et extrapersonnelle des possibilités d'action

L'analyse des études de cas permet de suggérer un phénomène de fluctuation de possibilités d'action entre les deux membres de l'équipage. En référence à des travaux portant sur la synchronisation d'équipiers en aviron (Millar *et al* 2013 ; R'kiouak, 2017) nous qualifions ces fluctuations d'interpersonnelles lorsqu'un coéquipier est le principal déterminant de l'ouverture/fermeture de possibilités d'action pour son partenaire, et d'extrapersonnelles lorsque les mouvements du bateau sont déterminants dans l'ouverture/fermeture de possibilités d'action du point de vue d'un coéquipier.

Fluctuations interpersonnelles de possibilités d'action

Les cas 1 et 2 révèlent des fluctuations interpersonnelles de possibilités d'action. Dans ces deux cas, pour un coéquipier, son partenaire est parmi les principaux déterminants de ses actions en produisant des invitations à agir. Dans ce cas, les possibilités d'action des coéquipiers peuvent être amenées à s'annuler mutuellement. Dans l'Exemple 2 du Cas 2, lorsque l'équipier borde pour faire gîter le bateau, la barreuse ne peut pas abattre à moins de choquer le charriot ce qui oblige l'équipier à border davantage, jusqu'à atteindre le maximum et ne plus pouvoir le faire. Cette forme d'interaction résonne avec la notion de « *zero sum coupling* » que Kimmel et Rogler (2018) ont décrit en Aikido : au sein d'une dyade de combattants, lorsque des possibilités d'action s'ouvrent pour un des combattants, cela referme des possibilités d'action pour le deuxième combattant. L'Exemple 1 du Cas 1 est un cas extrême dans lequel l'ensemble des possibilités d'action de l'équipage en relation avec le fonctionnement du bateau sont temporairement exclusivement disponibles pour le barreur-moniteur puisque l'équipier-stagiaire est « neutralisé ». Cependant à la différence d'une dyade de combattants, l'activité de l'équipage d'un bateau volant n'est pas entièrement déterminée par les interactions entre coéquipiers. En codéterminant leurs actions réciproques les coéquipiers participent également à la détermination des possibilités de mouvement du

bateau, celui-ci déterminant en retour une part des actions des coéquipiers. Cette « somme non nulle » peut conduire à une forme de « cercle vicieux » dans lequel la compensation mutuelle d'actions entre coéquipiers produit une amplification des mouvements du bateau. Van der Wel, Knoblich et Sebanz (2011) ont montré que lorsqu'une dyade se coordonne pour bouger un bâton entre deux cibles au moyen de deux cordes reliées au bâton et maintenues chacune par un sujet, un phénomène d' « *overlapping regulation* » se produit. Les auteurs expliquent ce phénomène par la recherche d'informations haptiques des sujets à travers les cordes, associées à la vision des mouvements de l'autre membre de la dyade et du bâton, pour se coordonner. Dans ce dispositif expérimental, en cas d'*overlapping*, les forces s'annulent. Bien que le fonctionnement du bateau soit plus complexe que ce dispositif expérimental, nous suggérons qu'un même phénomène peut se produire au niveau de l'équipage : dans certaines situations les coéquipiers exagèrent leurs mouvements pour mieux sentir l'effet de leurs mouvements sur le bateau en réponse aux actions du coéquipier. La différence est qu'en agissant sur des contrôles différents et compte tenu de l'autonomie relative des mouvements du bateau par rapport aux actions des coéquipiers, l'annulation réciproque des excès de régulation n'est pas garantie et peut se traduire par un déséquilibre du bateau.

Fluctuation extrapersonnelles de possibilités d'action

Les Cas 3 et 4 révèlent des fluctuations extrapersonnelles des possibilités d'action. Dans ces deux cas, du point de vue de chaque coéquipier, les mouvements du bateau sont le principal déterminant de leurs actions réciproques. R'Kiouak *et al.* (2016) avaient mis en évidence que les mouvements de rame de deux rameurs en aviron pouvaient être synchronisés sans que pour chacun des deux rameurs les actions de son partenaire ne soient significatives. Les auteurs qualifient ce mode de régulation de la synchronisation des rameurs d'« extrapersonnel » dans la mesure où l'environnement matériel (i.e., le bateau) joue alors le rôle de médiateur de la synchronisation des coéquipiers en transmettant mécaniquement les « traces » de l'activité de son coéquipier à l'autre, fournissant ainsi des ancrages perceptifs à chacun d'entre eux. Ces ancrages rendent possible la synchronisation des actions. Dans le cas de l'aviron, les mouvements du bateau sont principalement déterminés par les mouvements de l'équipage. En voile volante, seule une part des mouvements du bateau est déterminée par l'activité de l'équipage. Lorsque nous parlons ici de fluctuations extrapersonnelles des possibilités d'action des coéquipiers, nous nous référons au fait que chaque coéquipier, en agissant sur le bateau, détermine une partie des mouvements du bateau qui en retour vont déterminer une partie des possibilités d'action pour chacun des coéquipiers. Dans l'Exemple 1

du Cas 3 en réduisant l'incidence du foil pour reprendre le contrôle du bateau, le barreur limite la possibilité pour le bateau de monter sur les foils en accélérant. Cette action limite en retour les possibilités d'action de l'équipier qui doit rester très reculé pour éviter l'enfournement. Il se retrouve limité dans ses déplacements vers l'avant, car ils ont de son point de vue tendance à faire retomber le bateau. Dans le Cas 4, en diminuant l'amplitude de ses actions et en se focalisant sur la réduction des mouvements du bateau pour maximiser la stabilité du vol, chaque coéquipier a diminué les possibilités de son coéquipier d'augmenter l'amplitude de ses actions : soit cela provoquerait une perturbation du vol du bateau, soit cela contraindrait le partenaire à augmenter en retour l'amplitude de ses mouvements pour compenser les actions de son coéquipier.

5.2 Le rôle de la structure mécanique du catamaran (et de l'équipage) sur la circonscription des possibilités d'action de l'équipage et du système

Nous avons discuté dans le paragraphe précédent du rôle du bateau comme structure mécanique sur la fluctuation des possibilités d'action des coéquipiers. Du point de vue du fonctionnement du système catamaran-équipage la structure mécanique inclut les corps des coéquipiers, et cet ensemble structurel circonscrit les possibilités d'action de l'ensemble des éléments. Ce phénomène est révélé dans l'Exemple 1 du Cas 1 : l'équipier-stagiaire est positionné de manière précise sur le catamaran par le moniteur pour que son poids exerce un effet de rappel sur le bateau. Ce positionnement doit être adapté aux conditions de vent, de mer, et dépend des caractéristiques physiques (notamment la masse) de l'équipier. De plus, dans cet Exemple 1 du cas 1, le barreur-moniteur prend soin de pré-régler le bateau avant de s'élancer en anticipant la vitesse et le cap qu'il fera prendre au bateau par rapport au vent. Une partie des possibilités pour le bateau d'atteindre le vol en évoluant à un certain angle par rapport au vent sont circonscrites par ces réglages structurels. De même, dans les Exemples 1 et 2 du Cas 3 l'équipage cherche à modifier les mouvements possibles du bateau en modifiant le réglage de l'angle d'incidence du foil. Dans ces cas, modifier l'angle d'incidence des foils circonscrit les possibilités de vol ou de non-vol du bateau dans des conditions de vent données. Dans l'ensemble des cas, l'ensemble structurel bateau-corps des coéquipiers circonscrit les possibilités du système d'évoluer de manière viable dans les conditions environnementales rencontrées. Ces interactions entre le catamaran et son environnement sont révélées dans la comparaison des Cas 2, 3 et 4. Dans le Cas 2 le vent très faible limite la possibilité de prise de vitesse pour voler, compte tenu des caractéristiques de poids, forme et surface vélique de cet ensemble structurel. Dans le Cas 3, ces mêmes caractéristiques limitent

la possibilité pour le système de maintenir un vol viable dans un vent fort sans que les accélérations ne produisent des décrochages. Dans le Cas 4 c'est la capacité limitée d'autorégulation de la structure qui est révélée par le décrochage alors que l'équipage cherche à produire le moins possibles d'action sur le bateau.

5.3 Maintenir l'ouverture de possibilités d'action tout en participant à leur délimitation

Du point de vue de chaque coéquipier, le mode de fonctionnement permettant de maintenir le bateau en vol s'apparente à la notion d'« efficacité chinoise » (Jullien, 2005). De façon résumée, celle-ci consiste à « *laisser faire* (le processus) sans pour autant le *délaisser* » (Jullien, 2005, p. 24). Chaque coéquipier est en effet amené à « laisser faire » son coéquipier pour ne pas contraindre ses actions à travers ses invitations à agir, et « laisser faire » le catamaran pour ne pas contraindre les écoulements hydro-aéro-dynamiques, sans pour autant (a) « délaisser » son coéquipier, dont l'accès restreint aux commandes et la position sur le catamaran ne permet pas de réguler pleinement le vol, ni (b) « délaisser » le catamaran dont la capacité d'autorégulation de sa relation à l'environnement est restreinte. Le cas le plus extrême du « laisser faire » concerne le stagiaire dans le cas 1 qui se trouve lors du premier bord en position que l'on peut qualifier d'observateur embarqué. Dans une situation et une configuration d'équipage très différente, le cas 4 est aussi un exemple de « laisser faire » dans la mesure où chaque coéquipier, en cherchant à réaliser le moins d'actions possible, est amené à se laisser porter par le bateau. D'autre part, chaque coéquipier est amené à ne pas « délaisser » le processus car les cas extrêmes de « laisser faire » ne sont viables que temporairement. Dans l'exemple de l'équipage dissymétrique moniteur-stagiaire, la capacité physique du moniteur régulant seul le vol est mise à l'épreuve. De plus, celui-ci n'a pas un accès direct à l'ensemble des commandes du bateau lui permettant d'adapter les réglages à des variations de vent ou d'allure (e.g., il semble *a priori* impossible d'accéder depuis le poste de barreux aux réglages de cunningham ou de foc tout en barrant et en régulant l'écoute de grand-voile pour garder le vol). Dans l'exemple de l'équipage expert cherchant à agir le moins possible pour stabiliser au maximum le vol, l'équipage en se laissant porter délègue les possibilités d'adaptation du système catamaran-équipage au catamaran uniquement, et celui-ci n'étant pas en mesure de s'adapter efficacement aux variations de l'environnement, la moindre variation peut alors conduire à une perte temporaire de vol.

Cette idée résonne ainsi avec les travaux de Kimmel *et al.*, (2018) portant sur l'activité de danseurs en « *contact improvisation* ». Ces auteurs ont montré que chez les experts la

danse résulte d'une volonté de guider, ajuster, et pousser le mouvement en cours, mais aussi de « laisser les choses se faire ». Les auteurs qualifient cette activité de création artistique de recherche d'un état métastable pour le système composé des corps des deux danseurs, dans lequel chacun se retrouve aux limites de ses possibilités d'action, le moindre ajustement pouvant renverser la dynamique de l'action. Dans ces processus de création improvisée, lorsqu'un pattern collectif ne peut pas être complètement contrôlé, les danseurs peuvent néanmoins lui donner une direction. Les auteurs parlent de *management de l'émergence* pour traduire la capacité des acteurs à maintenir ouvertes des possibilités d'action pour l'action collective en cours. Tandis qu'en danse contact improvisation ce management de l'émergence n'implique que deux niveaux (individuel et collectif), en voile volante la complexité du système augmente avec l'intégration du voilier, qui entretient lui-même une relation complexe et dynamique avec son environnement physique.

6 Conclusion de l'Étude 3

Cette Étude 3 met en évidence une organisation interne du système catamaran-équipage reposant sur une fluctuation de possibilités d'action entre les coéquipiers associées aux possibilités de mouvement du catamaran. Cette fluctuation repose à la fois sur la diffusion d'invitations à agir entre coéquipiers, et sur les invitations à agir produites par les mouvements du catamaran, dépendant à la fois des actions de l'équipage et de la relation entre le catamaran et son environnement. A partir de ces études de cas, nous suggérons que le maintien de l'état métastable du système (i.e., le vol) repose sur la capacité pour chacun des coéquipiers de maintenir ouvertes ses possibilités d'action sur le fonctionnement du bateau, tout en étant sollicité à la fois par les mouvements du bateau et par son coéquipier.

QUATRIÈME PARTIE :
DISCUSSION ET
CONCLUSION GÉNÉRALE

CHAPITRE 8 Discussion et conclusion

Dans ce chapitre, nous présentons dans un premier temps les apports de notre thèse à la connaissance scientifique sur la coordination collective en sport. Nous commençons la discussion autour de la notion de bateau comme partenaire, puis nous discutons la contribution de notre thèse à une approche enactive des couplages sociaux et au développement du programme de recherche Cours d'action. A l'issue de ces premières sections nous présentons nos perspectives de recherche sur les interactions régatier-bateau dans le domaine de la voile légère. Dans un deuxième temps, nous présentons des réflexions générales à soumettre aux acteurs de terrain dans une perspective de contribution à la conception d'aides à l'entraînement et à la formation.

1 Apports à la connaissance scientifique sur la coordination collective en sport

1.1 Le bateau comme partenaire : un système mécanique incorporé par les acteurs et incorporant leurs activités réciproques

Le catamaran volant est un système mécanique servant de support à l'équipage pour se déplacer sur le plan d'eau. Ce système mécanique possède deux caractéristiques particulières, qui distinguent en partie son fonctionnement de celui des catamarans « archimédiens » : (a) il est capable de « voler », en sustentation sur ses foils, moyennant le maintien d'un état d'équilibre métastable (i.e., un équilibre dynamique du système dont les conditions peuvent être brutalement rompues sous l'effet de variations minimales de certains de ses éléments), et (b) il est dans le même temps extrêmement sensible à trois sources de perturbation de cet état :

- les actions des coéquipiers, dans la mesure où chacune de leurs actions a un effet sur les mouvements du catamaran ;
- la variabilité des conditions de vent et d'état de la mer, dont chaque variation a un effet sur ses mouvements ;
- les effets de ses propres mouvements dans la dynamique de son déplacement, ceux-ci transformant constamment les relations entre les voiles et le flux aérodynamique, et entre les foils et le flux hydrodynamique.

L'Étude 1 a mis au jour ces caractéristiques du point de vue des connaissances des navigateurs. Nous avons montré dans cette étude que dans la culture propre de régatiers, la relation entre l'équipage et le bateau dépasse l'idée d'une relation entre un conducteur et un

véhicule qui réagit aux commandes de ce conducteur. Dans la discussion de cette première étude nous avons introduit l'idée d'un état d'équilibre métastable du bateau en vol, produit par les tensions permanentes entre les composants du système mécanique, incluant les corps des navigateurs. Ces tensions varient en fonction des actions de l'équipage et en fonction des variations de la force du vent ou de l'état de la mer. De plus, par sa conception, la structure mécanique du bateau est capable d'autoréguler une partie des tensions (e.g., régulation de la hauteur de vol liée à la forme des foils, régulation de la puissance des voiles par la déformation des voiles et du gréement). L'ensemble de ces tensions correspond à un potentiel énergétique qui se régénère continûment, et qui ne se « consomme » pas dans le fonctionnement du bateau. Un véhicule motorisé consomme le carburant contenu dans son réservoir pour se mouvoir. Un voilier volant, en avançant, produit « son propre vent » (grâce à un vent vitesse d'une intensité d'un ordre de grandeur dépassant souvent largement celle du vent réel) ; sa vitesse génère une portance suffisante sur les foils pour extraire les coques de l'eau et permet au bateau d'accélérer davantage, provoquant en conséquence une augmentation du vent apparent et de la portance dont les effets doivent être compensés par les actions de l'équipage et par les déformations de la structure. En ce sens, par sa structure mécanique, le bateau présente à chaque instant de son interaction avec son environnement, une « propension » (Jullien, 1992), c'est-à-dire une tendance à adopter un comportement propre, en partie indépendant de l'activité de l'équipage. Cela s'applique *a priori* à tous les bateaux. Par exemple, pour Jullien (1992) le fait qu'un bateau flotte, ou coule, s'explique par sa seule propension :

« L'eau et le bateau sont deux « réalités matérielles » et, dès lors que celles-ci entrent en relation, il en résulte un certain « rapport » qui est objectivement (et numériquement) déterminé : et, dès lors que ce rapport est déterminé d'une certaine façon, une certaine « tendance », orientant le processus dans un sens ou dans l'autre, inéluctablement apparaît (soit tendance à flotter, soit tendance à couler) » (Jullien, 1992, p. 227).

Cependant, la spécificité de la voile volante par rapport à la voile non volante est que les tendances découlant de cette propension ont des effets non-linéaires, et peuvent être brutalement « destructrices » de l'activité en cours, et en particulier de la préservation d'un vol viable (e.g., décrochage des foils et subite perte de vol). Dans le cas d'un bateau volant, la tendance naturelle du bateau n'est pas celle d'un vol stable. Tandis qu'un bateau archimédien pourrait, moyennant un pré réglage de la barre et des écoutes, naviguer sur une certaine distance sans équipage (dans des conditions de vent et de mer favorables), un catamaran volant léger impose de constantes régulations pour déclencher et entretenir le vol. Il impose

en effet *a minima* une régulation des voiles lors de la transition entre le mode archimédien et le mode vol compte tenu de la forte accélération du bateau qui modifie radicalement l'angle du vent apparent avec la trajectoire du bateau au moment de cette transition. Et même si le bateau parvenait à décoller et à adopter sans intervention un régime de vol, de moindres variations des conditions de vent ou de mer suffiraient à compromettre instantanément la viabilité du vol. Le maintien du vol est donc le maintien d'un état métastable du système, reposant sur l'exploitation permanente par l'équipage de la propension du bateau à se comporter d'une certaine façon compte tenu de sa relation avec l'équipage et avec l'environnement. Le bateau peut, de ce fait, être considéré à chaque instant soit comme « partenaire », soit comme « adversaire » de l'équipage, dont la préoccupation est de maintenir la viabilité du vol. Il est partenaire lorsqu'il a tendance à monter en accélérant alors qu'il vole trop bas, à se remettre à plat lorsqu'il est trop gîté, ou lorsqu'il ralentit finalement pour redescendre après être monté trop haut sur ses foils (i.e., les foils affleurant la surface libre). L'équipage doit alors exploiter ces propensions, qui sont convergentes avec sa préoccupation de maintenir le vol. Le bateau est adversaire lorsque ses propensions sont défavorables au maintien du vol : tendance à accélérer en position maximale haute, tendance à gîter, etc. L'équipage doit alors créer des conditions permettant de limiter, voire d'annihiler ces tendances menaçant la viabilité du vol : « *il faudra le faire entrer [l'ennemi, ou le bateau dans notre cas] dans un processus tel que progressivement ces conditions favorables [à cette tendance « négative »] lui soient retirées et qu'elles basculent* » (Jullien, 2005, p. 20).

Du point de vue de l'activité des coéquipiers, la dualité des propensions du bateau (favorable vs défavorable à la préservation du vol), ainsi que le caractère potentiellement « catastrophique » pour la viabilité du vol d'actions inadéquates de l'équipage et/ou de minimales variations de l'environnement, s'accompagne d'un mode d'engagement original dans la situation, qui peut être rapproché de ce que De Bisschop (2020) appelle un mode d'engagement « conservatoire ». Celui-ci, mis en évidence dans l'étude de l'activité de militaires en formation dans des situations extrêmes (De Bisschop, 2020), consiste à entretenir les conditions nécessaires à la préservation de la viabilité de l'activité en cours ou à venir, en évitant une bascule « catastrophique » de la situation et la « destruction » de cette activité en cours. De façon schématique, ce mode d'engagement se traduit dans l'activité des coéquipiers par une préoccupation d'ajustement constant à l'évolution de la situation d'une façon qui préserve des « marges de manœuvre », ou des possibilités d'action face aux aléas, et à l'urgence des adaptations requises. Ce mode d'engagement est original en cela qu'il se situe en quelque sorte à l'intersection entre deux modes d'engagement typiques plus classiquement

décrits dans la littérature relative à l'activité en sport. Par exemple, en tennis de table, l'activité des pongistes est décrite par Sève, Saury, Ria et Durand, (2003) comme une alternance de phases exploratoires, consistant en une enquête sur le jeu de l'adversaire, et de phases exécutoires au cours desquelles les pongistes recherchent « *une efficacité maximale en produisant les coups les plus performants possibles* » (Sève et Leblanc, 2003, p. 66). Saury (2008b) avait retrouvé cette distinction entre engagement exploratoire et exécutoire en analysant l'activité de prise de décision tactique d'équipages de dériveurs légers. Plus généralement, cette distinction rejoint l'idée que toute action humaine finalisée comporte des composantes exploratoires (exploration perceptive et recherche de compréhension de la situation) et des composantes exécutoires (actions pratiques visant la transformation délibérée de la situation) (Theureau, 1992), ce que Kirsh & Maglio (1994) nomment respectivement *epistemic actions* et *pragmatic actions*. Ce mode d'engagement conservatoire est mis en évidence dans l'Étude 1 à travers les expériences types de gestion de compromis, visant simultanément à maintenir la stabilité du vol et à atteindre la vitesse maximale du bateau, deux préoccupations antinomiques (chacune ne pouvant être « maximisée » sans menacer les possibilités de réalisation de l'autre). Dans l'Étude 2, les formes d'interaction que nous avons qualifiées de processus interpersonnels de coordination révèlent la préoccupation pour chacun des coéquipiers de percevoir l'activité du partenaire en termes de ressource (ou non) pour agir sur le comportement du bateau, que nous avons discutée en termes d'affordances partagées (Passos *et al.*, 2012) et de co-modulation d'affordances (Kimmel et Rogler, 2018). Celles-ci accréditent l'idée d'un ajustement mutuel des coéquipiers à l'évolution de la situation d'une façon qui préserve des « marges de manœuvre » ou possibilités d'action, non seulement pour eux-mêmes, mais également des possibilités d'action au niveau collectif de l'équipage. L'Étude 3 permet d'enrichir et d'élargir cette idée d'engagement conservatoire dans l'activité de coéquipiers en voile volante, en l'appréhendant en termes de modulation conjointe de possibilités d'action de l'équipage et de possibilités de mouvements du bateau. De ce point de vue, l'activité de l'équipage vise à maintenir, (a) au niveau de chaque coéquipier, sa capacité individuelle à agir sur le bateau, (b) au niveau de l'équipage, les possibilités d'action distribuées entre les deux coéquipiers, et (c) au niveau du système « bateau », les possibilités de mouvements du catamaran, modulant et modulées par les actions réciproques des coéquipiers et les mouvements du catamaran à chaque instant. Ainsi l'un des enjeux cruciaux de l'optimisation de la performance en voile légère volante (celle-ci étant réduite ici à la vitesse) semble être de rechercher la vitesse la plus élevée possible compatible avec la préservation de possibilités d'action des coéquipiers et de mouvement du bateau, elles-mêmes

suffisantes pour faire face aux différentes sources de perturbation de l'état d'équilibre métastable du vol.

Dans cette perspective, le rôle du bateau dans la coordination collective peut être précisé dans la lignée des travaux de R'kiouak (2017), présentant le bateau d'aviron comme médiateur d'une coordination dite « extrapersonnelle » entre les rameurs, dans un bateau à deux coéquipiers. Les formes d'interaction entre les deux coéquipiers et entre chacun et le catamaran (Étude 2) mettent en évidence des formes de coordination extrapersonnelle. Nous avons toutefois constaté que dans certaines situations, bien que les actions des partenaires semblent *a priori* coordonnées, celles-ci ne garantissent pas le maintien d'un vol stable. En effet, l'autonomie relative des mouvements du bateau par rapport aux actions de l'équipage ne garantit pas une médiation du bateau en termes de « traces » de l'activité des coéquipiers, tel que le suggère R'Kiouak (2017) en aviron, en se référant au concept de stigmergie (Grassé, 1967 ; Susi et Ziemke, 2001 ; Theraulaz et Bonabeau, 1999). L'Étude 3 permet de proposer une explication alternative à la contribution du catamaran dans la coordination extrapersonnelle, en prenant en considération sa relative autonomie (i.e., sa propension à adopter un comportement propre dans ses interactions avec son environnement, du fait de sa structure mécanique).

Ainsi, comme un bateau d'aviron, le catamaran volant participe par sa structure mécanique à circonscrire des possibilités d'action pour chacun des coéquipiers. Par sa configuration (i.e., forme et réglages), le catamaran comme structure mécanique détermine un champ d'activités possibles, aussi bien au niveau local (i.e., pour chaque coéquipier, à travers son accès particulier à certaines commandes du voilier et ses possibilités propres de déplacements sur la coque), qu'au niveau global (i.e., pour l'ensemble du système : par exemple, en deçà d'une certaine force de vent, indépendamment de l'activité de l'équipage, un Flying Phantom ne peut pas atteindre la vitesse nécessaire pour décoller). Cette circonscription des possibilités d'action est liée à la structure du catamaran, celle-ci pouvant être modulée par l'équipage à travers les réglages et l'activité de régulation des commandes. C'est la modification des réglages et la régulation des commandes qui, en transformant la structure du catamaran, et donc sa relation avec les flux aérodynamique et hydrodynamique, modifient les possibilités de mouvement du catamaran qui, simultanément, modifient le champ d'actions possibles des coéquipiers.

En revanche, à la différence d'un bateau d'aviron, nos résultats soutiennent l'idée que le comportement propre d'un catamaran volant interfère avec la coordination extrapersonnelle entre les coéquipiers, en engendrant des fluctuations dans cette coordination extrapersonnelle.

En effet, les mouvements du catamaran avec lesquels interagissent chacun des coéquipiers « renferment » conjointement des « traces » de l'activité de son coéquipier et des « traces » du comportement propre du catamaran, de sorte que, du point de vue de chaque coéquipier, les deux ne peuvent être distinguées. Le catamaran ne constitue pas seulement un équipement matériel partagé, médiateur de la coordination extrapersonnelle entre les deux coéquipiers, mais il participe dynamiquement à celle-ci comme un troisième « acteur ». De même, dans ces formes d'interaction que nous avons qualifiées de coordinations extrapersonnelles, chaque coéquipier ne se coordonne pas avec son partenaire « par l'intermédiaire » du catamaran. Il se coordonne plutôt avec une totalité dynamique (le « bateau »), intégrant de façon indissociable les mouvements du catamaran et les comportements de son partenaire. Ce mode de coordination particulier repose sur une dynamique d'ouvertures/fermetures de possibilités d'action des coéquipiers et/ou de mouvements du bateau, correspondant à des relations de libération/asservissement non intentionnels (dans le cadre des processus extrapersonnels) entre les éléments du système.

Le catamaran peut ainsi être considéré comme partenaire de l'équipage selon deux perspectives différentes :

- Du point de vue de l'expérience de chaque coéquipier, le catamaran est à la fois un partenaire incorporé, portant et accompagnant son activité, et un partenaire incorporant l'activité de son coéquipier. C'est un partenaire sur lequel il est possible d'agir directement, ou d'agir à travers des instructions données au coéquipier. Depuis la perspective de chaque membre de l'équipage, la relation continue entre l'autre membre de l'équipage et le catamaran, comme les « propensions » du catamaran liées à son interaction avec son environnement physique, confèrent au catamaran une forme d'« agentivité », d'un point de vue phénoménologique (qui donne aux acteurs le sentiment d'interagir avec un système « vivant »). Soulignons que cette agentivité intègre une régulation humaine sur un catamaran en double ; elle se réduirait au comportement propre du bateau dans le cas d'une navigation sur un voilier volant solitaire.
- Depuis une perspective de coordination collective, le catamaran est partenaire en participant activement par ses possibilités de mouvement et invitations à agir, à la dynamique de libération/asservissement des membres de l'équipage sur laquelle se construit leur coordination.

Ainsi, bien que le catamaran en tant que système mécanique ne puisse être considéré en tant que tel comme un système cognitif, du point de vue de chaque coéquipier le comportement émergent de la double relation que le catamaran entretient avec son

environnement et avec le second membre de l'équipage, peut amener à le considérer comme tel. Ce type de relation avec un partenaire sans agentivité réelle mais pouvant se comporter « comme un système vivant » du point de vue de l'expérience des acteurs, ainsi que les modes de coordination décrits au long de cette thèse, sont particulièrement originaux dans l'étude des activités collectives en sport. La voile légère volante en équipage, en combinant (a) une grande sensibilité du support à l'activité de chaque coéquipier, (b) une relation fonctionnelle de ce support avec l'environnement participant activement au fonctionnement du système, et (c) une activité de l'équipage consistant à maintenir le système en équilibre métastable, constitue bien une situation d'étude porteuse et prometteuse (Leblanc, 2012) pour l'analyse de cette forme de partenariat entre éléments de systèmes composite Humains / équipements matériels dans des environnements dynamiques. Ce genre de situation et les modes de coordination qui l'accompagnent, peuvent se retrouver dans d'autres disciplines, soit possédant des caractéristiques proches de celles d'un voilier volant, soit ne possédant ces caractéristiques que de manière transitoire. Par exemple dans le domaine de la voile, les catamarans légers et rapides, ou les bateaux de type 49er présentent de nombreuses caractéristiques communes avec le type de catamarans que nous avons étudié. De même, d'autres voiliers malgré leurs différences apparentes peuvent, dans certaines conditions (notamment dans la brise, ou dans des conditions extrêmes de navigation pour le support), réunir ces caractéristiques de fonctionnement (e.g., Dalin, 2020). Dans les sports de pagaie, nous pourrions retrouver des modes de fonctionnement similaires dans les disciplines dans laquelle la relation entre le bateau et le plan d'eau devient fonctionnelle (e.g., lors de départs en surf), et si ce bateau reste sensible à l'activité de chacun des coéquipiers. Bien que la taille et le poids des embarcations ne garantissent pas ce deuxième point, nous pouvons supposer que les modes de coordination à bords de kayaks ou pirogues en équipages sur les portions downwind²⁹ des courses océaniques se rapprochent davantage de celles décrites en voilier volant que de celles décrites en aviron.

1.2 Apport à l'approche enactive des couplages sociaux

Notre thèse s'inscrit dans le prolongement des travaux de R'Kiouak (2017) qui ont contribué à préciser la place de l'environnement dans la coordination entre acteurs dans une approche enactive. R'Kiouak (2017) distinguait ainsi dans la discussion de sa thèse deux

²⁹ Dans ces disciplines, le downwind désigne les portions de parcours orientées dans le sens du vent et de la houle, et sur lesquelles il est possible de « surfer » la houle, en atteignant des vitesses significativement supérieures à celles pouvant être atteintes sur un plan d'eau plat.

formes pouvant être prises par le couplage structurel de troisième ordre (Maturana & Varela, 1994) : (a) une forme « interpersonnelle », lorsqu'il s'agit d'une interaction directe entre différents systèmes autopoïétiques (e.g., deux acteurs humains), et (b) une forme extrapersonnelle, lorsque cette interaction est indirecte et médiée par l'environnement. Parmi les familles de situations explorées par les approches enactives dans lesquelles ce type de couplage pourrait être identifié, R'Kiouak (2017) fait référence aux travaux de croisement perceptif de Froese, Iizuka et Ikegami (2014a, 2014b) dans lesquels les acteurs interagissent à travers un environnement virtuel et identifient leur partenaire à partir des traces de l'activité de celui-ci dans l'environnement fictif (i.e., la dynamique de déplacement de l'avatar). R'Kiouak (2017) et Froese et al., (2014a, 2014b) ont souligné qu'au travers de ces interactions médiées par un environnement matériel (R'kiouak, 2017), ou virtuel (Froese et al., 2014a, 2014b) les acteurs produisaient des significations partagées, révélant ainsi le rôle de l'environnement partagé dans la création participative de significations (*participatory sense-making*). Nos travaux permettent de préciser le rôle de l'environnement partagé (i.e., le bateau) et sensible à l'activité des acteurs lorsque cet environnement partagé entretient lui-même une relation dynamique fonctionnelle avec son environnement. Dans ce cas, nous avons vu dans la section précédente que cet environnement partagé devient partenaire de l'équipage. Nous avons interprété au long de la thèse le rôle médiateur de l'environnement partagé décrit par R'Kiouak (2017) en termes de *capacité à transmettre les traces de l'activité des coéquipiers*. Nous interprétons le rôle de partenaire de l'environnement partagé tel que nous l'avons décrit en termes de *capacité à moduler les possibilités d'action des coéquipiers*. Dans la lignée des travaux de R'Kiouak (2017), cette interprétation nous amène à repenser la notion de couplage de troisième ordre de systèmes autopoïétiques.

En effet, le couplage entre les coéquipiers et le catamaran fait émerger un nouveau domaine qui dépasse la notion de couplage « social », ou « linguistique » (i.e., couplage de troisième ordre chez Maturana & Varela, 1994) en produisant non seulement un domaine consensuel entre acteurs, mais aussi en formant une nouvelle unité dans l'espace (i.e., le système catamaran + équipage, produisant le vol). Le vol peut être assimilé en tant que tel à un système opérationnellement clos (Varela, 1989). Pour tout système autopoïétique la clôture opérationnelle concerne la production de composants. Dans le cas du bateau en situation de vol, la clôture opérationnelle concerne le processus de régulation des différents éléments structurels du système. En effet, pour maintenir le bateau en vol (métaphoriquement « en vie ») les processus de régulation dépendent récursivement les uns des autres pour la génération et la réalisation des processus de régulation eux-mêmes. En vol, les processus de

régulation basés sur la modulation de possibilités d'action des coéquipiers et de mouvements du catamaran, dépendent récursivement les uns des autres en tant que répétition continue d'opérations (e.g., border/choquer, déplacements des centres de gravité, mouvements de barre), chacune assurant le maintien du vol. Bien que cela puisse également concerner la navigation archimédienne, la seconde caractéristique de la navigation volante permettant d'assimiler le bateau volant à un système opérationnellement clos, est qu'il forme une unité reconnaissable dans l'espace où ces processus de régulation existent. Cette unité est reconnaissable dans l'espace dans la mesure où elle acquiert une certaine autonomie par rapport à son environnement, en s'affranchissant partiellement des contraintes hydrodynamiques (i.e., en annihilant la trainée de frottement des carènes et en s'élevant au-dessus des vagues), et aérodynamiques (i.e., en générant « son propre vent »). La régulation du vol acquiert ainsi sa cohérence par sa propre opération, sans dépendre uniquement de l'environnement. Appréhender le processus de régulation du vol d'un voilier volant en termes de clôture opérationnelle a des implications fortes du point de vue ontologique et épistémologique. A l'extrême, cela pourrait conduire à considérer le système voilier volant+ équipage comme un « super-organisme » (Duarte *et al.*, 2012), ce qui serait incompatible avec l'hypothèse enactive. C'est pour cela que nous avons précisé que la clôture opérationnelle telle que nous l'avons décrite se réduit au processus de régulation, et non au processus de production des composants. Ce processus de régulation inclut des acteurs humains et des éléments mécaniques, et il conduit à l'apparition d'un domaine phénoménal distinct du domaine cognitif de chaque acteur, mais aussi du domaine consensuel des acteurs. Aussi, bien que l'on puisse considérer le système dans son ensemble comme un « acteur » de la régulation du vol, celui-ci ne possède ni de perspective propre sur le monde, ni d'intentionnalité ou d'expérience propre. La description de cette activité « du point de vue du système » suppose donc de fait une synthèse en troisième personne par un observateur analyste de l'expérience des acteurs humains et des possibilités de mouvements du système mécanique.

Ainsi, une description de l'activité du système qui ne prendrait en compte que le point de vue des acteurs humains, et l'articulation des mondes propres des acteurs (i.e., leurs cours d'expérience), serait insuffisante pour comprendre le fonctionnement du système dans son ensemble. Pour cela, nous avons tenté d'opérer un rapprochement à travers le programme de recherche du Cours d'action, entre l'approche enactive et l'approche écologique. Dans l'Étude 3 nous avons ainsi considéré conjointement le monde propre de chacun des acteurs humains, et les contraintes environnementales s'exerçant de manière commune sur les acteurs en faisant appel à la notion de possibilités de mouvement du catamaran. Cette thèse accompagne ainsi

les réflexions théoriques en cours sur les rapprochements possibles entre les approches enactives et écologiques (ex. Baggs et Chemero, 2018 ; Fuchs, 2020 ; Heft, 2020 ; Travieso et al., 2020). Dans la continuité des travaux de R'Kiouak (2017), notre thèse contribue à construire des connaissances sur le rôle des objets en contact avec les acteurs dans l'organisation des couplages sociaux, un rôle jusqu'à récemment peu abordé par les approches enactives.

1.3 Apport au développement du programme de recherche du Cours d'action

Nos études de thèse ambitionnent d'apporter une contribution au développement du programme de recherche du Cours d'action à travers : (a) la précision des notions d'interface et de double asymétrie du couplage structurel ; et (b) l'enrichissement du panel des méthodes de construction de données dans le cadre de ce programme.

Précision des notions d'interface et de double asymétrie du couplage structurel

L'enaction est une des hypothèses de substance du programme de recherche du Cours d'action. La discussion précédente des apports de notre thèse à l'approche enactive des couplages sociaux a également des incidences en termes d'apports à ce programme de recherche. Nous avons rappelé, dans le cadre épistémologique et méthodologique de cette thèse, que l'articulation collective des cours d'action de plusieurs acteurs est présentée par Theureau (2006) comme l'articulation collective de plusieurs acteurs « munis de leurs interfaces ». Ces interfaces correspondent à « *toutes les médiations, spatiales ou techniques, par lesquelles passent les interactions entre acteurs, immédiatement (...) ou médiatement* »³⁰ (Theureau, 2006, p. 128). En incluant dans cette définition « *toutes les médiations* », depuis les interfaces perceptives (e.g., vision, audition, proprioception), les inscriptions, les effets de l'action d'un acteur à un instant donné dans la situation, les dispositifs techniques, etc., et en précisant que toute la situation peut constituer l'interface d'un collectif, Theureau (2006) ouvre la voie à l'exploration du rôle médiateur de l'environnement matériel dans les interactions entre acteurs. Dans le domaine du sport, les travaux de R'Kiouak (2017) ont exploré cette voie. Notre thèse ouvre toutefois un questionnement nouveau sur cette notion d'interface et sur son rôle dans l'articulation

³⁰ La définition complète d'interface est la suivante : « toutes les médiations spatiales et techniques par lesquelles passent les interactions entre les acteurs, immédiatement (vision ou écoute des autres acteurs par un acteur donné) ou médiatement (inscriptions par un acteur à un instant donné qui peuvent constituer des ancrages pour d'autres acteurs à un instant ultérieur, mais aussi les effets de l'action à un instant donné d'un acteur sur la situation, en particulier le dispositif technique, qui peuvent être perçus par d'autres acteurs à un instant ultérieur, ce qui fait qu'à la limite, toute la situation peut constituer l'interface d'un collectif). » (Theureau, 2006, p.128).

collective de cours d'expériences. En effet, dans le cas de la voile volante en équipage, le dispositif matériel partagé qui constitue une interface pour les acteurs dans leurs interactions, est sensible à leur activité, mais aussi sensible à sa propre relation avec l'environnement. Dans un tel cas, la perception des effets de l'action d'un acteur à un instant donné par un autre acteur (de manière synchrone ou asynchrone) n'est pas garantie. En précisant que la situation peut constituer l'interface d'un collectif, Theureau (2006) élargit cette notion d'interface de manière cohérente avec une approche enactive, mais non pleinement satisfaisante dans le cadre d'études empiriques portant sur le fonctionnement d'un système tel que le bateau volant. Dans un tel système d'activité collective, l'évolution de la situation à chaque instant dépend indissolublement de l'activité humaine et de la relation entre le système mécanique et son environnement. Nos études et les discussions qui en ressortent accréditent l'idée selon laquelle la navigation sur des voiliers volants légers est une activité humaine qui ne peut être décrite et expliquée uniquement en ayant recours aux notions d'articulation collective des cours d'action des acteurs. L'analyse doit prendre également en compte ce qui serait « l'activité » du système mécanique, ce dernier étant, d'une part, conjointement « activé » par les acteurs humains et par son environnement, et « activant » d'autre part les acteurs humains et son environnement³¹. Dans ce cas, le dispositif technique ne peut être considéré comme une interface, mais comme un « quasi-acteur » au sein du collectif, disposant d'une autonomie relative sans toutefois être doué d'intentionnalité. En conséquence de ces considérations, dans le prolongement de la discussion de la section précédente, la notion de *double couplage asymétrique* proposée par Theureau (2015) peut être précisée ici. Theureau (2015) souligne en effet que le programme de recherche du Cours d'action considère la relation « Je-Tu » comme une double interaction asymétrique :

« Le couplage de troisième ordre entre individu 1 et individu 2 aboutit à deux mondes qui restent séparés, celui de l'individu 1 et celui de l'individu 2, mais aussi à un monde partagé entre eux. Le collectif entre individu 1 et individu 2 ainsi construit n'est que relatif et interagit de façon asymétrique avec les individus qui n'y participent pas. Dans les deux cas cette interaction est asymétrique au sens où l'organisation interne à l'instant donné de cet acteur ou de ce collectif relatif sélectionne les éléments de comportement d'autres acteurs et les phénomènes de

³¹ Nous considérons que le système active et est activé par son environnement dans la mesure où si l'on prend comme référence le système, celui-ci en se déplaçant produit une réaction de son environnement (i.e., la déviation des flux aérodynamiques et hydrodynamiques) qui participent au déplacement du système.

l'environnement matériel qui sont susceptibles de le perturber et façonne la réponse qu'il peut apporter à cette perturbation » (Theureau, 2015, p. 575).

Sur un bateau volant, nous avons effectivement une relation Je-Tu entre coéquipiers constituant un couplage de troisième ordre en termes de collectif relatif composé d'acteurs en interaction asymétrique avec le catamaran. Mais ce collectif coïncide également avec les collectifs « Je-environnement matériel » constitués par chaque coéquipier en interaction avec le catamaran, interagissant de manière asymétrique avec le second coéquipier. Et enfin, au niveau global, un collectif composé des coéquipiers et du catamaran interagit de façon asymétrique avec son environnement (incluant les autres bateaux présents sur le plan d'eau). Dans le cadre d'étude de l'activité de navigation, nous pensons que ces trois niveaux d'interaction doivent être pris en compte.

Enrichissement du panel des méthodes de construction de données

Notre contribution au développement de méthodes de construction de données du programme de recherche du Cours d'action peut être discutée autour de ce que nous désignons comme une position de chercheur-pratiquant et sa contribution à la construction et l'analyse des données.

La position de chercheur-pratiquant se rapproche de la notion de participation observante (Soulé, 2007 ; Wacquant, 2002) en l'incluant et en la dépassant. En tant que chercheur pratiquant notre pratique de la navigation volante ne s'est pas limitée à la participation observante associée à notre terrain d'étude. Cette pratique a ainsi accompagné à la fois notre cours de vie relatif à une pratique personnelle de sports de glisse nautiques en tous genres (e.g., voile, canoë-kayak, surf), et d'autre part notre cours de vie relatif à un travail de thèse. Ces deux cours de vie ont évolué en parallèle en s'enrichissant mutuellement. C'est grâce à une pratique antérieure au projet de recherche que celui-ci a pu être mis en place, cette pratique ayant permis d'identifier le catamaran volant et la voile volante en général comme un objet d'étude pertinent pour l'étude des relations entre acteurs humains, systèmes mécaniques et environnement dans le domaine du sport. Cette pratique antérieure nous a également permis de développer rapidement des collaborations, étant nous-même identifié comme un acteur du développement de la pratique de la navigation volante, bien que dans un domaine de pratique différent (i.e., SUPfoil plutôt que voile). Les compétences développées à travers notre pratique personnelle nous ont également permis de saisir différentes opportunités d'embarquer sur des bateaux volants pour vivre en première personne les sensations décrites par les athlètes au cours d'entretiens d'autoconfrontation. D'autres

travaux de recherche dans le domaine du sport avaient impliqué des chercheurs pratiquants. Par exemple Saury (1998) en voile, Sève (2000) et Poizat (2006) en tennis de table, ou Mottet (2014) en course d'orientation étaient tous pratiquants expérimentés dans la discipline sportive sur laquelle ils ont conduit leurs recherches. D'autres comme R'Kiouak (2017) en aviron ou Secheppet (2020) en équitation, ont découvert la discipline faisant l'objet de leur recherche au cours de leurs travaux de thèse. Dans le cas de Secheppet (2020), sa familiarisation avec la pratique étudiée et les méthodes ethnographiques mobilisées ont fait l'objet d'une description détaillée dans l'observatoire de sa thèse. En ce qui nous concerne, nous ne sommes pas allés aussi loin dans cette démarche. D'autres (e.g., Mottet, 2014 ; Poizat, 2006 ; Saury, 1998 ; Sève, 2000) n'ont pas abordé de manière explicite la contribution de leurs cours de vie relatif à une pratique personnelle de la discipline étudiée dans leurs travaux. Theureau (2006) présente l'enquête ethnographique comme permettant de réaliser « *les conditions nécessaires (éthiques, contractuelles, socio-politiques, de familiarisation et de discussion des règles de comportement des observateurs interlocuteurs) pour que la construction de traces du comportement des acteurs et de son contexte dynamique soit possible* » (Theureau, 2006, p. 181). Concernant la pratique par le chercheur de l'activité faisant l'objet de son analyse, Theureau (2006) précise, en réponse à la question de la nécessité de pratiquer l'activité pour la connaître, que : « *construisant des données fiables – moyennant les hypothèses concernant la conscience pré-réflexive – en seconde personne, nous n'avons pas le même problème d'interprétation des données en troisième personne qui conduisent Edwin Hutchins à participer profondément à l'activité qu'il étudie* » (Theureau, 2006, p.171). A l'issue de ce travail de thèse, nous pensons que la pratique personnelle du chercheur de l'activité concernée peut non seulement se substituer partiellement à l'enquête ethnographique, mais surtout devient primordiale dans les étapes de construction et d'analyse des données. Dans un contexte institutionnel dans lequel les travaux de recherche sont contraint temporellement (e.g., durée d'un financement, durée d'une préparation Olympique), le chercheur-pratiquant est en mesure de s'approprier plus rapidement son terrain d'étude. De plus, dans le cadre de la démarche compréhensive d'enrichissement des données par rétro-diction et inférences lors de la reconstruction du cours d'expérience des acteurs le chercheur pratiquant peut, à travers sa pratique personnelle, intégrer sa propre expérience de sensations parfois inédites par rapport à des activités « courantes » dans l'analyse. Ainsi, dans le cadre de notre thèse, nous soutenons que notre vécu de « vol » sur des bateaux à foil a considérablement enrichi notre compréhension du vécu des pratiquants. En effet, le « vol » sur un bateau volant est accompagné de sensations corporelles inédites, difficilement

descriptibles par analogies. La capacité du chercheur-pratiquant à se mettre à la place des acteurs dont l'activité est étudiée participe selon nous à la richesse de l'analyse. Dans notre cas, le fait de pratiquer plusieurs supports volants et d'entrer en relation avec différents types de pratiquants de voile volante a contribué à optimiser le jeu de proximité/distance avec l'activité étudiée. Le jeu de proximité/distance est décrit par Theureau (2006) comme essentiel dans l'étude de toute action humaine en permettant de susciter des questionnements sans que ces questions ne soient triviales. Notre activité personnelle de navigation volante nous a permis de comprendre les sensations décrites par les navigateurs, tout en mettant en perspective notre compréhension de leurs expériences avec notre expérience propre, faisant par là même émerger de nouveaux questionnements. Sans considérer qu'il serait impossible pour un chercheur non pratiquant de voile volante (voir non pratiquant de voile) de conduire une recherche sur la pratique de la voile volante, nous soutenons néanmoins que le chercheur-pratiquant est dans une position favorable pour conduire une recherche sur ce type d'activité jusqu'à présent « peu ordinaire ».

1.4 Perspectives de recherche sur les interactions régatier-bateau dans le domaine de la voile légère

Les travaux et réflexions exposés dans cette thèse permettent d'enrichir les connaissances sur les relations entre athlètes et bateau. Cette relation a été jusqu'à présent relativement négligée dans le cadre de recherches sur le développement de la performance en voile. Néanmoins, un intérêt a récemment émergé pour accompagner la caractérisation mécanique des structures et du fonctionnement des voiliers de compétition d'une analyse fine de l'expérience des athlètes pour optimiser leurs choix de matériel de compétition, de réglages, et/ou d'adaptations techniques individuelles et collectives (Saury, 2018). A travers les entretiens d'autoconfrontation que nous avons menés au cours de nos études de thèse, nous avons été confronté à une spécificité de cette activité (non exclusive) en termes d'expression de la conscience préreflexive : les athlètes ont tendance à évoquer des formes perceptives globales (e.g., « là on est calés ») pour décrire des périodes au cours desquelles ils font l'expérience de gestes et de sensations précis, mais qu'il est difficile de décrire très finement grâce au type d'entretien mobilisé. Cette caractéristique nous laisse penser que l'expérience des athlètes dans la conduite de leur bateau est composée en grande partie de représentations, d'unités de cours d'expériences et d'interprétants à l'état émergent, comme si le flux continu d'activité associé à ces situations ne permettait pas leur engendrement complet. Theureau (2006, 2015) parle de « *globalité perceptive multi-sensorielle* » (Theureau,

2015, p.69) pour décrire l'apparition d'un fond, qualité globale ou ambiance, caractérisant l'émergence du representamen ; il parle d'impulsion pour caractériser l'émergence d'une unité de cours d'expérience. L'analyse de l'activité des régatiers pourrait ainsi constituer un objet d'étude pertinent pour explorer les limites de la conscience préreflexive à l'état émergent en mobilisant la notion d'hexatomie du signe hexadique (Theureau, 2006, 2015). Cette perspective pourrait se concrétiser à travers notre participation au projet « Du Carbone à l'Or Olympique » (Appel à projet ANR, Plan prioritaire de recherche « Sport de très haute performance », 2019). Ce projet associant la Fédération Française de Voile, l'École Supérieure de Physique et de Chimie Industrielle de Paris, l'École Navale, l'Ecole Nationale de Voile et des Sports Nautiques, l'Université de Nantes, le laboratoire LAdHyx et l'Ifremer vise à croiser l'ingénierie du matériel et les sciences cognitives pour optimiser la performance des athlètes. Ce projet vise ainsi à articuler des travaux de recherche portant sur les caractéristiques mécaniques du matériel, sur les écoulements aérodynamiques et hydrodynamiques, et sur les expériences perceptives des athlètes. C'est sur ce troisième axe que nous nous inscrivons avec pour objectif de contribuer au développement de méthodes favorisant l'expression d'expériences fugaces, difficilement datables, vécues par les athlètes au cours de la navigation. Une perspective de développement méthodologique est celle de l'utilisation d'un logiciel développé pour les besoins de l'équipe de France de voile, similaire à RaceCutter³². Ce logiciel qui permet de synchroniser des données issues de plusieurs sources différentes (e.g., audiovisuelles, mesures mécaniques) pour ensuite les visualiser et analyser conjointement. Hutchins (2013) a décrit l'intérêt d'utiliser ce type de logiciels en sciences cognitives. Dans le cadre de recherches menées dans le programme de recherche du Cours d'action, ce type de logiciel permet la réalisation d'autoconfrontations qualifiées d'« augmentées » (Huet et Saury, 2020 ; Saury, 2018 ; Saury, 2020). Une réflexion sur les implications théoriques et méthodologiques de la mobilisation de ce type de logiciels sera menée dans le cadre de ce projet de recherche.

³² Le logiciel RaceCutter avait initialement été développé par Oracle pour les besoins du « Oracle Team USA » participant à la Coupe de l'America.

2 Réflexions générales à soumettre aux acteurs de terrain dans une perspective de contribution à la conception d'aides à l'entraînement et à la formation

2.1 Promouvoir l'optimisation du vol dans son domaine de viabilité, plutôt que la recherche de vitesse maximale

Les caractéristiques de la navigation en voilier volant telles que nous les avons décrites dans cette thèse, c'est-à-dire en termes de système complexe maintenu dans un équilibre métastable, amène à appréhender la notion de performance en voile volante en termes de recherche de « viabilité d'un vol *optimisé* (ou *rapide*, ou *performant*) » plutôt que de recherche de vitesse maximale. La figure 14 illustre la spécificité de la performance en voilier volant.

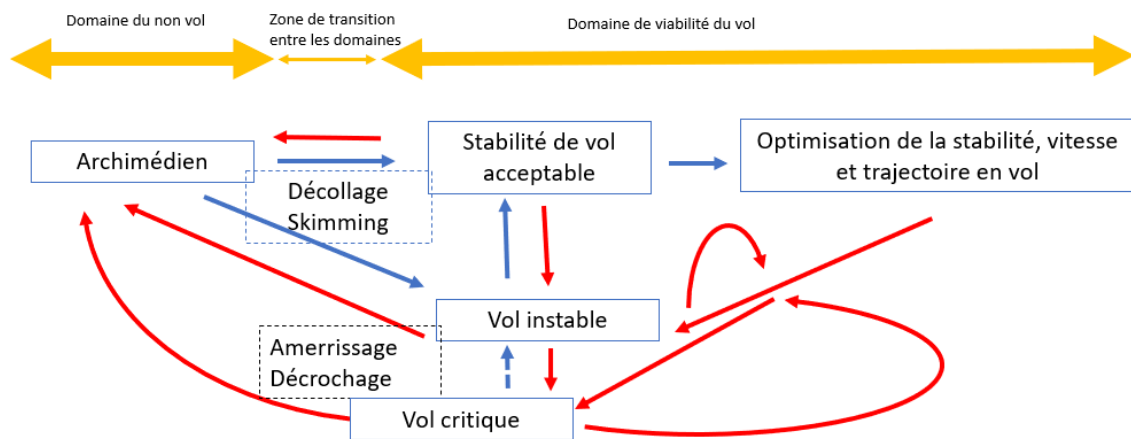


Figure 14. Appréhender la performance en termes de domaine de viabilité du vol. Les flèches bleues indiquent une tendance à l'amélioration de la performance, les flèches rouges indiquent une tendance à la détérioration de la performance.

A partir d'un mode de navigation archimédienne, un bateau peut entrer dans le domaine du vol après un passage plus ou moins long par une phase de skimming. Suite au décollage, la stabilité de vol peut être jugée acceptable ou non acceptable. Une stabilité de vol acceptable correspond à l'état du système dans lequel les possibilités d'action des coéquipiers et de mouvement du bateau permettent, soit de maintenir cet état, soit d'optimiser cet état en termes de stabilité, vitesse ou trajectoire. Une stabilité de vol non acceptable correspond à un vol jugé instable du point de vue de l'équipage. Nous avons notamment vu dans le cas 4 de l'Étude 3 que la recherche de stabilité maximale se traduit par une limitation des possibilités d'action de l'équipage et de mouvements du bateau conduisant dans ce cas à des décrochages. De même, en augmentant la vitesse dans le domaine de vol, l'équipage diminue sa capacité à anticiper ou réagir aux mouvements du catamaran, associés aussi bien aux variations de vent

et d'état de la mer, qu'aux effets de la coordination des comportements des coéquipiers et de l'adéquation de leurs actions sur les commandes. Lorsque l'optimisation de la vitesse s'accompagne d'une augmentation de la hauteur de vol, cela limite également la possibilité pour le catamaran de monter plus haut sur ses foils sans décrocher lors d'une accélération ou au passage d'une vague. Ainsi, l'optimisation de la performance à partir d'une stabilité de vol acceptable conduit nécessairement à un vol instable voire critique. A partir d'un vol instable, la seule solution viable pour l'équipage est de revenir à une stabilité acceptable. Le retour à une stabilité acceptable peut être lié à une variation des conditions environnementales (e.g., un plan d'eau plus calme, un vent plus régulier) ou à une réorganisation interne du système. Cette réorganisation interne concerne les interactions entre coéquipiers et entre coéquipiers et catamaran, consistant à saisir ou à créer des opportunités pour se libérer partiellement des contraintes de fonctionnement du système (e.g., en modifiant l'amplitude de régulation ; en modifiant des réglages) et renverser la tendance à l'instabilité. Lorsque l'équipage perçoit une situation de vol instable, l'optimisation du vol (stabilité, vitesse ou trajectoire) n'est possible qu'en repassant par un état de vol acceptable, en se départissant de la préoccupation de l'optimisation du vol. En effet, les limitations des possibilités d'action ou de mouvement inhérentes à cette préoccupation d'optimisation du vol ne pourraient conduire dans cette situation qu'au maintien d'un vol instable voire à une situation critique. Le vol critique se trouve à la limite du domaine de viabilité du vol. Les possibilités pour revenir à un vol instable ou stable depuis un vol critique sont réduites. Tout comme pour le vol instable, le vol critique ne peut donner lieu à une optimisation. Le vol critique tend vers une sortie du domaine de vol et un retour au domaine de non-vol.

En première approximation la notion de stabilité de vol acceptable que nous proposons peut-être rapprochée de la notion de solution « satisfaisante » (« *satisficing*³³ ») proposée par Simon dans sa théorie de la rationalité limitée dans la résolution de problèmes complexes (Simon, 1982, 1990). Elle s'en distingue cependant. En effet la stabilité de vol acceptable se rapproche de la notion de décision *satisficing* en tant qu'acceptation d'un compromis entre *sécuriser le vol* et *maximiser la vitesse du bateau*, associée à une situation incertaine dans laquelle des actions de l'équipage peuvent avoir des effets plus ou moins favorables sur la situation (voire catastrophiques). Elle s'en distingue en constituant davantage un point de départ en termes de d'adaptation à la situation, que la solution au problème. La stabilité de vol acceptable doit en effet être construite pour permettre de prendre la décision de s'en écarter

³³ *Satisficing* est un mot valise composé de « *satisfying* » (satisfaisant) et « *sufficing* » (suffisant) et traduit une prise de décision qui soit à la fois satisfaisante et suffisante pour répondre à un problème.

(e.g., pour réaliser une pointe de vitesse). Revenir à une stabilité de vol acceptable après s'en être écarté n'est pas un choix à faire, mais une condition *sine qua non* pour ne pas sortir du domaine de viabilité du vol après s'en être écarté temporairement. Il est ainsi possible de parler de « primat de la stabilité de vol » dans la pratique de la voile volante.

En effet, les limites du domaine de viabilité de vol sont associées à un contexte dynamique et imprévisible. Elles évoluent en fonction de la relation entre le bateau et l'environnement et dépendent donc à la fois de l'activité de l'équipage et des variations environnementales. Autrement dit, une activité de l'équipage qui perdurerait sans changement notable peut toutefois conduire à une sortie du domaine de viabilité de vol, en raison d'une perturbation environnementale insurmontable ; à l'inverse, une adaptation de l'activité de l'équipage peut aussi contribuer à élargir le domaine de viabilité du vol malgré des conditions environnementales insurmontables pour un autre équipage. De façon métaphorique, la notion de domaine de viabilité du vol d'un voilier volant peut être comparée à celle d'*enveloppe de vol* (ou *domaine de vol*), utilisée dans l'aéronautique. Cette notion désigne l'espace entre les « frontières » (notamment en termes de vitesse, compte tenu de la structure de l'avion, de l'altitude, de sa configuration de vol, etc.) à l'intérieur desquelles un avion peut voler en sécurité (e.g., sans risque de décrochage). Notons toutefois que dans le domaine de l'aéronautique les recherches portant sur la notion d'enveloppe de vol d'un avion ont surtout visé à élaborer des systèmes permettant de prévenir une sortie accidentelle de l'avion de cette enveloppe grâce à des mécanismes d'alerte et d'assistance au pilotage (e.g., Ackerman *et al.* 2017 ; Steffensen, Gabrys, Holzapfel, 2019 ; Van Baelen, Ellerbroek, Paassen et Mulder, 2020). Dans ce cas, c'est un système électronique qui calcule les limites de l'enveloppe de vol en se basant sur les caractéristiques de l'avion et l'information envoyée par différents capteurs installés dans l'appareil. Ceux-ci alertent le pilote lorsqu'il se rapproche de ces limites et éventuellement l'assistent à travers les commandes pour l'aider à ne pas en sortir. Par exemple, des systèmes de commandes envoyant des signaux haptiques (e.g., vibrations, modification de la résistance de la commande aux actions du pilote) sont développés pour informer le pilote sur l'approche des limites de l'enveloppe de vol. En voile volante, les risques de décrochage ou de perte de vol sont davantage liés aux variations de hauteur de vol (i.e., garantir l'immersion des foils tout en maintenant les coques hors de l'eau) qu'aux variations de vitesse ou d'angle des plans porteurs. L'approche de la limite de cette enveloppe peut être perçue par les coéquipiers (e.g., bruits, éclaboussures, vibrations) mais nous suggérons que c'est la perception de l'effectivité de leurs actions par les coéquipiers sur les mouvements du catamaran qui les guide pour se maintenir dans le domaine de vol.

2.2 Développer une sensibilité à trois niveaux de coordination : avec le voilier, avec le coéquipier et avec le bateau comme un tout

Saury (2001, 2008a) avait appréhendé le fonctionnement d'équipages de dériveurs légers en termes de prise de décision tactique. Ces travaux avaient mis en évidence l'alternance de formes coopératives et non coopératives d'activité collective au sein de l'équipage. Partant du constat que dans certains cas prendre la meilleure décision tactique pouvait amener un coéquipier à faire obstacle à l'activité de son partenaire plutôt que de faciliter son activité, Saury (2008a) avait distingué deux notions : (a) la facilitation de l'activité du partenaire et (b) la facilitation de la performance collective. Dans nos études nous avons abordé le fonctionnement d'un équipage en relation avec un catamaran en termes de contrôle conjoint de la stabilité de vol. Néanmoins, les études 2 et 3 révèlent des situations dans lesquelles les relations entre coéquipiers pourraient être qualifiées de coopératives ou non-coopératives en termes d'ouverture ou de fermeture mutuelle de possibilités d'action. De même, nous pouvons suggérer que dans certains cas, l'activité de contrôle du vol suppose pour un coéquipier de restreindre les possibilités d'action de son coéquipier (volontairement ou involontairement) au bénéfice de la qualité du vol (i.e., facilitation de la performance collective). De plus, nos résultats (Étude 3) mettent en évidence la nécessité de la « coopération » du catamaran à l'entreprise collective visant à préserver la viabilité du vol, à travers ses possibilités de mouvement.

Les implications pratiques en termes d'entraînement peuvent se résumer autour de trois objectifs d'apprentissage pour les régatiers : (a) appréhender le catamaran comme un partenaire en identifiant ses propensions, ou « tendances naturelles » (à accompagner ou à combattre) dans ses relations avec l'environnement ; (b) appréhender les possibilités d'action de son coéquipier et l'influence de sa propre activité sur celles-ci ; (c) appréhender les relations entre les niveaux précédents et le fonctionnement global du bateau.

Apprendre à appréhender le catamaran comme partenaire consiste à découvrir ses tendances naturelles, ou propensions, sa capacité à s'auto-réguler (parfois) ou à s'emballer. Il s'agit en d'autres termes de développer une « empathie sensorimotrice » (Chemero, 2016) avec le catamaran. Cette notion renvoie à l'idée d'expansion du corps vécu (i.e., le corps propre, ou encore corps phénoménologique) en incluant des aspects non corporels de l'environnement. Sur un catamaran en double, cela peut consister à limiter temporairement l'activité du coéquipier pour ressentir pleinement la dynamique des mouvements du catamaran en le guidant et en l'accompagnant. Ceci correspond, par exemple, à la stratégie de formation adoptée par le moniteur avec son coéquipier « stagiaire », que nous avons décrite

dans l'Étude 3. Sur la base de nos travaux, nous pensons que cette stratégie peut être pertinente à mettre en œuvre dans le cadre d'entraînement d'équipages experts pour permettre à chaque coéquipier de reprendre conscience de sa relation avec le catamaran en l'absence de régulation de son coéquipier. Nous avons constaté que de nombreux régatiers sur catamarans volants en équipage alternaient des entraînements en équipage avec des navigations en solitaire (e.g., sur Moth à foils). Au-delà de raisons logistiques (e.g., présence du coéquipier sur le lieu d'entraînement) et malgré la différence des caractéristiques des bateaux utilisés (e.g., foils autorégulés avec palpeurs *vs* foils sans palpeurs), nous pensons que cette stratégie d'entraînement permet de construire des connaissances transversales sur les modes de relation qu'entretiennent les voiliers volants avec leur environnement.

Apprendre à appréhender les possibilités d'action de son coéquipier et l'influence de sa propre activité sur celles-ci repose selon nous, d'une part, sur une prise de conscience du rôle de chacun dans la modulation des possibilités d'action pour chaque coéquipier, et d'autre part sur la communication permettant de partager la perception par chacun de ses propres possibilités d'action à chaque instant. La prise de conscience du rôle de chacun dans la modulation des possibilités d'action n'est pas évidente dans cette activité. Par exemple les actions du barreur sur le charriot visant à équilibrer le bateau peuvent restreindre ou augmenter les possibilités d'action de l'équipier, sans que le barreur ne s'en rende compte. Nous suggérons qu'alterner les postes d'équipier et de barreur au cours des entraînements permettrait de sensibiliser les équipages au champ de possibilités d'action propre à chaque poste et à la manière dont celui-ci est modulé (intentionnellement ou non) par l'activité typique de régulation associée au poste habituel. Bien que basée sur des présupposés théoriques différents de ceux dans lesquels s'inscrit cette thèse, cette suggestion reprend ainsi l'idée selon laquelle le *cross-training* (i.e., entraîner un coéquipier à réaliser la tâche d'un autre membre de l'équipe) serait une technique efficace pour augmenter la performance d'une équipe (Blickensderfer, Cannon-Bowers et Salas, 1998). Nous avons vu à travers les études 2 et 3 la manière dont les communications entre les coéquipiers participent à influencer leurs activités respectives, en permettant à chacun de s'accorder sur un événement à venir (e.g., une modification de la force du vent, Étude 2), de construire des connaissances relatives à un événement passé ayant conduit à une perte momentanée du vol (e.g., un décrochage, Étude 2), à maintenir leurs possibilités d'action (e.g., lorsque l'équipière demande au barreur de reprendre du charriot pour pouvoir choquer, Étude 2), à prescrire ou proscrire des possibilités d'action (e.g., entre un moniteur et un stagiaire, Étude 3). En considérant les communications verbales comme des moyens par lesquels les coéquipiers agissent mutuellement sur leurs

possibilités d'action, nous pouvons proposer quatre formes de communications verbales pouvant avoir un effet en termes d'invitations à agir pour le coéquipier :

- *Communications prescriptives* : il s'agit d'injonctions (e.g., « borde » ; « choque » ; « abat » ; « lofe »). Prononcées par un coéquipier, ces injonctions laissent *a priori* peu de choix à l'équipage : soit le partenaire est disposé à satisfaire cette injonction, auquel cas cela restreint ponctuellement toutes ses possibilités d'action, la seule action possible étant alors de réaliser l'action demandée ; soit le partenaire n'est pas disposé ou est dans l'incapacité de satisfaire cette injonction, auquel cas c'est le coéquipier qui formule la demande qui est bloqué en attente de la résolution du problème, ou contraint de trouver une solution alternative.
- *Communications émancipatrices* : il s'agit de constats factuels (e.g., « l'écoute est trop courte » ; « je suis au maximum »). Formulées par un coéquipier, celles-ci informent le partenaire sur une limitation de ses possibilités d'action sans proposer ni demander de solution particulière. Le partenaire peut l'interpréter librement ce type de communication compte tenu de sa situation et agir sur différents paramètres permettant de son point de vue d'améliorer la situation de son coéquipier.
- *Communications médiatrices* : il s'agit de jugements sur l'état global du système (e.g., « on est calé » ; « on est trop gâté » ; « on n'est pas suffisamment bordé ») ou sur l'environnement (e.g., « risée à venir » ; « gros clapot à 10 mètres »). Dans ce cas, le coéquipier qui produit ces verbalisations partage avec son partenaire une perception de la situation, afin que celle-ci devienne commune à l'équipage. Ce coéquipier joue alors en quelque sorte un rôle de médiateur en « faisant parler » l'environnement ou le catamaran.
- *Communications réflexives* : il s'agit de réflexions sur des événements passés ou à venir (e.g., « en lofant progressivement on aurait évité le décrochage »). Ce type de communication présuppose un vol stable, permettant de mener cette activité réflexive en double-tâche avec la conduite du bateau. En s'engageant dans ce type de conversation, l'équipage rentre dans une activité de construction participative de signification qui exclut partiellement leur relation actuelle avec le catamaran, réduisant par là-même ses possibilités d'action à cet instant. En revanche, les connaissances construites, validées ou invalidées dans le cours de ce type de conversation, sont des connaissances mobilisables ultérieurement, élargissant les possibilités d'action futures des coéquipiers.

Au niveau global, il s'agit d'apprendre à appréhender les relations entre les niveaux précédents et le fonctionnement global du bateau. Cette prise en compte des effets globaux de l'activité de l'équipage sur la performance du bateau avait été illustrée par R'Kiouak (2017),

avec la distinction qu'il avait introduite dans son analyse de l'activité d'équipages de deux de pointe en aviron. R'Kiouak (2017) distinguait en effet deux préoccupations typiques : « *ramer pour maintenir une bonne coordination* » et « *ramer au service du bateau* » (R'Kiouak, 2017, p. 146). Nous pensons également que la priorité pour les coéquipiers doit être de réguler leur activité au service de l'état global du bateau. Pour cela, il nous semble intéressant de sensibiliser les coéquipiers aux deux niveaux de relations précédemment décrits en les considérant toujours conjointement avec le comportement global du bateau.

2.3 D'une approche trigonométrique à une approche intuitive de la voile ?

Cette thèse nous a permis d'appréhender le fonctionnement des équipages de voile volante sous un autre angle, en réintégrant le bateau dans la relation entre coéquipiers, et en réintégrant les coéquipiers dans le fonctionnement du bateau. De la même manière que Bethwaite (2013) soulignait que les techniques³⁴ utilisées par les équipages naviguant sur des bateaux rapides étaient également les techniques les plus efficaces sur des bateaux plus lents nous pensons que les phénomènes révélés en navigation volante sont présents et peuvent nourrir de nouveaux questionnements dans le domaine de la voile en général. De fait, tout pratiquant de voile a connu certaines situations dans lesquelles l'équilibre du bateau a primé sur la vitesse, et la navigation dans la brise peut également avoir des conséquences « catastrophiques » en dériveur ou catamaran archimédien en cas de dessalage. Sur l'ensemble des bateaux, et quelles que soient les conditions de navigation, la recherche de vitesse maximale peut se traduire par une perte plus grande que le gain. Nous avons d'ailleurs souvent entendu les entraîneurs avec qui nous avons collaboré dire qu'il est préférable d'aller « *moins souvent moins vite* » que de chercher à atteindre une vitesse maximale. Ainsi, un travail de « transfert » de la discussion des principales conclusions de cette thèse reste à mener avec les praticiens en questionnant la culture technique actuelle d'entraînement et de formation en voile. Il s'agirait notamment de considérer les implications de la prise en compte du bateau non plus comme un support qu'il faut diriger, mais comme un partenaire qu'il faut guider et accompagner. Cela pourrait par exemple se traduire par le passage d'une approche « trigonométrique » (i.e., basée sur la représentation d'un angle optimal entre la route du bateau, les voiles et le vent) à une approche davantage centrée sur la perception du devenir des trajectoires et de la vitesse, tout en considérant les émotions comme des révélateurs potentiels de la qualité du fonctionnement de bateau.

³⁴ Nous faisons ici référence à la *fast handling technique*, que nous avons présentée dans le Chapitre 1.

BIBLIOGRAPHIE

- Ackerman, K. A., Talleur, D. A., Carbonari, R. S., Xargay, E., Seefeldt, B. D., Kirlik, A., & Trujillo, A. C. (2017). Automation situation awareness display for a flight envelope protection system. *Journal of Guidance, Control, and Dynamics*, 40(4), 964-980. <https://doi.org/10.2514/1.G000338>
- Adé, D., Poizat, G., Gal-Petitfaux, N., Toussaint, H., & Seifert, M. L. (2009). Analysis of elite swimmers' activity during an instrumented protocol. *Journal of sports sciences*, 27(10), 1043-1050. <https://doi.org/10.1080/02640410902988669>
- Adé, D., Seifert, L., Gal-Petitfaux, N., & Poizat, G. (2017). Artefacts and expertise in sport: An empirical study of ice climbing. *International Journal of Sport Psychology*, 48(1), 82–98. <https://doi.org/10.7352/IJSP.2017.48.082>
- Alter, N. (2000). *L'innovation ordinaire*. Presses Universitaires de France.
- Araújo, D., & Bourbousson, J. (2016). Theoretical perspectives on interpersonal coordination for team behaviour. Dans P. Passos, K. Davids & J. Y. Chow (dir.), *Interpersonal coordination and performance in social systems* (pp. 126–139). Routledge.
- Araujo, D., Davids, K., & Hristovski, R. (2006). The ecological dynamics of decision making in sport. *Psychology of sport and exercise*, 7(6), 653-676. <https://doi.org/10.1016/j.psychsport.2006.07.002>
- Arquin, N. (2015, 12 Octobre). Vidéo : Bruno André en windsurf foil. *Windmag*. <https://www.windmag.com/video-video-bruno-andre-windsurf-foil>
- Baggs, E., & Chemero, A. (2018). Radical embodiment in two directions. *Synthese*, 1-16. <https://doi.org/10.1007/s11229-018-02020-9>
- Bagué, A., Lataire, E., Demeester, T., & Degroote, J. (2020). Dynamic stability analysis of a hydrofoiling sailing boat using CFD. *Proceedings of the 5th International Conference on Innovation in High Performance Sailing Yachts and Sail-Assisted Ship Propulsion*, 155-162.
- Banks, J., Giovannetti, L. M., Taylor, J. C., & Turnock, S. R. (2016). Assessing human-fluid-structure interaction for the international moth. *Procedia engineering*, 147, 311-316. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2016.06.297>
- 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. <https://doi.org/10.1177/1059712309343819>
- Barbier, J., & Durand, M. (2017). *Encyclopédie d'analyse des activités*. Presses Universitaires de France.

- Barré S., & Gossé C. (2007). Présentation d'un outil d'analyse et d'aide à l'entraînement utilisé par les équipes de France d'aviron. *Cahiers de l'ENV*, 10, 41-47.
- Battley, M., Andrew, T., Wilson, P., Allen, T., & Hodgson, M (2020). When foiling goes wrong – Slamming loads and structural responses from water impact. *Proceedings of the 5th International Conference on Innovation in High Performance Sailing Yachts and Sail-Assisted Ship Propulsion*, 125-134.
- Baxter, P., & Jack, S. (2008). Qualitative case study methodology: Study design and implementation for novice researchers. *The qualitative report*, 13(4), 544-559. <https://nsuworks.nova.edu/tqr/vol13/iss4/2>
- Berger, E., Crescentini, A., Galeandro, C., & Crohas, G. M. (2010). La triangulation au service de la recherche en éducation. Exemples de recherches dans l'école obligatoire. *Actes du congrès de l'Actualité de la recherche en éducation et en formation (AREF)*. <https://plone.unige.ch/aref2010/communications-orales/premiers-auteurs-en-b/La%20triangulation.pdf/view>
- Bertrand, C. (2014). *Comment marchent les voiliers*. Voiles et voiliers.
- Bethwaite, F. (2008). *Higher performance sailing*. Adlard Coles Nautical.
- Bethwaite, F. (2013). *Fast handling technique*. Adlard Coles Nautical.
- Blaser, M. A., & Seiler, R. (2019). Shared knowledge and verbal communication in football: changes in team cognition through collective training. *Frontiers in psychology*, 10, 77. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2019.00077>
- Blickensderfer, E., Cannon-Bowers, J. A., & Salas, E. (1998). *Cross-training and team performance*. Dans J. A. Cannon-Bowers & E. Salas (dir.), *Making decisions under stress: Implications for individual and team training* (p. 299–311). American Psychological Association. <https://doi.org/10.1037/10278-011>
- 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. <https://doi.org/10.1080/10413200.2010.507497>
- Bourbousson J., Poizat, G., Saury, J. & Sève, C. (2011a). Description of dynamic shared knowledge: an exploratory study during a competitive team sports interaction, *Ergonomics*, 54:2, 120-138. <https://doi.org/10.1080/00140139.2010.544763>
- 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*, vol. 74(1), 59-90. <https://doi.org/10.3917/th.741.0059>

- Boutroy, E., Soulé, B., & Vignal, B. (2014). Analyse sociotechnique d'une innovation sportive : le cas du kitesurf. *Innovations*, 43(1), 163-185. <https://doi.org/10.3917/inno.043.0163>
- Bouty, I., & Drucker-Godard, C. (2012). La coordination comme un rythme. Le cas d'un voilier de course. *Revue française de gestion*, (4), 153-166. <https://www.cairn.info/revue-francaise-de-gestion-2012-4-page-153.htm>
- Cannon-Bowers, J. A., Salas, E., & Converse, S. (1993). *Shared mental models in expert team decision making*. Dans N. J. Castellan, Jr. (dir.), *Individual and group decision making: Current issues* (pp. 221–246). Lawrence Erlbaum Associates.
- 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. <https://doi.org/10.1080/1612197X.2006.9671807>
- Clark, D. J., Ellsworth, W. M., & Meyer, J. R. (2004). The quest for speed at sea. *Technical Digest*, April. <http://resolver.tudelft.nl/uuid:5539c264-2e52-49cc-a2c3-0bbcf071b6fa>
- Chéret, B. (2006). *Voile légère : Techniques et sensations*. Fédération française de voile.
- Chemero, A. (2009). *Radical embodied cognition*. MIT Press.
- Chemero, A. (2016). Sensorimotor empathy. *Journal of Consciousness Studies*, 23(5-6), 138-152.
- Cochran A.J. (2002) The impact of science and technology on golf equipment- a personal view. Dans S. Ujihashi & S.J. Haake (dir.). *The Engineering of Sports 4. Proceedings of the 4th International Conference on Sports Engineering* (pp. 3-16). Blackwell science
- Coey, C., Varlet, M., Schmidt, R. C., & Richardson, M. J. (2011). Effects of movement stability and congruency on the emergence of spontaneous interpersonal coordination. *Experimental brain research*, 211(3-4), 483-493. <https://doi.org/10.1007/s00221-011-2689-9>
- Combes, M. (1999). *Simondon, Individu et collectivité: Pour une philosophie du transindividuel*. FeniXX.
- Coroller, L. et Le Brun-Marcel, M. (2019, 27 Juin). Ce monocoque à foil basculant va bientôt affoler les compteurs. *Voiles et voiliers*. <https://cutt.ly/EfNQOiw>
- Cooke, N. J., & Gorman, J. C. (2006). Assessment of team cognition. Dans P. Karwowski (dir.), *International Encyclopedia of Ergonomics and Human Factors* (pp. 270-275). Taylor & Francis.

- Cooke, N. J., Salas, E., Kiekel, P. A., & Bell, B. (2004). *Advances in measuring team cognition*. Dans E. Salas & S. M. Fiore (dir.), *Team cognition: Understanding the factors that drive process and performance* (pp. 83–106). <https://doi.org/10.1037/10690-005>
- Cooke, N. J., Salas, E., Cannon-Bowers, J. A., & Stout, R. J. (2000). Measuring team knowledge. *Human factors*, 42(1), 151-173. <https://doi.org/10.1518/001872000779656561>
- Correia, V., Araújo, D., Davids, K., Fernandes, O., & Fonseca, S. (2011). Territorial gain dynamics regulates success in attacking sub-phases of team sports. *Psychology of sport and exercise*, 12(6), 662-669. <https://doi.org/10.1016/j.psychsport.2011.06.001>
- Course Au Large (2014, 5 Décembre). *Un nouveau circuit pour les Flying Phantom*. <http://www.courseaularge.com/un-nouveau-circuit-pour-les-flying-phantom.html>
- Cuijpers, L. S., Den Hartigh, R. J., Zaal, F. T., & de Poel, H. J. (2019). Rowing together: Interpersonal coordination dynamics with and without mechanical coupling. *Human Movement Science*, 64, 38-46. <https://doi.org/10.1016/j.humov.2018.12.008>
- D'Artibale, E., Laursen, P. B., & Cronin, J. B. (2018). Human performance in motorcycle road racing: a review of the literature. *Sports medicine*, 48(6), 1345-1356. <https://doi.org/10.1007/s40279-018-0895-3>
- Dalin, C. (2020). La performance, une symbiose homme et machine. *Voiles et Voiliers*, 595, 79.
- Dant, T. I. M., & Wheaton, B. (2007). Windsurfing: An extreme form of material and embodied interaction?. *Anthropology today*, 23(6), 8-12. <https://doi.org/10.1111/j.1467-8322.2007.00547.x>
- Debaise, D. (2004). Le langage de l'individuation. *Multitudes*, (4), 101-106. <https://doi.org/10.3917/mult.018.0101>
- De Bisschop, H. (2020). *Se former à commander en situations de formations simulées de haute intensité : une activité de présence à soi et à autrui* [Thèse de doctorat non publiée], Université de Bourgogne France-Comté.
- De Carvalho, E. M. & Rolla, G. (2020). An enactive-ecological approach to information and uncertainty. *Frontiers in Psychology*, 11. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2020.00588>
- Defrance, J. (1985). L'adoption de la perche en fibre de verre. *Culture technique*, XIII, 257–264.
- De Jaegher, H., & Di Paolo, E. (2007). Participatory sense-making. *Phenomenology and the cognitive sciences*, 6(4), 485-507. <https://doi.org/10.1007/s11097-007-9076-9>

- De Keukelaere, C., Kermarrec, G., Bossard, C., Pasco, D., & De Loor, P. (2013). Formes, contenus et évolution du partage au sein d'une équipe de sport de haut niveau. *Le travail humain*, vol. 76(3), 227-255. <https://doi.org/10.3917/th.763.0227>
- Den Hartigh, R. J., Marmelat, V., & Cox, R. F. (2018). Multiscale coordination between athletes: Complexity matching in ergometer rowing. *Human movement science*, 57, 434-441. <https://doi.org/10.1016/j.humov.2017.10.006>
- De Montmollin, M., & Grize, J. B. (1997). *Vocabulaire de l'ergonomie*. Octarès.
- Denzin, N. K. (1978). Triangulation: A case for methodological evaluation and combination. *Sociological methods*, 339-357.
- Destuynder, P., & Fabre, C. (2019). On the controllability of racing sailing boats with foils. *Discrete & Continuous Dynamical Systems-S*, 12(6), 1635-1668. <https://doi.org/10.3934/dcdss.2019111>
- Di Paolo, E., Buhrmann, T., & Barandiaran, X. (2017). *Sensorimotor life: An enactive proposal*. Oxford University Press.
- Dosi, G. (1982). Technological Paradigms and Technological Trajectories: A Suggested Interpretation of the Determinant and Direction of Technological Change. *Research Policy*, 11, (3), 147-162. [https://doi.org/10.1016/0048-7333\(82\)90016-6](https://doi.org/10.1016/0048-7333(82)90016-6)
- Douguet, R. (2015). Optimisation de la mesure et de l'interprétation des performances dans le cadre de la course au large [Thèse de doctorat, Université de Bretagne Sud]. HAL. <https://hal.archives-ouvertes.fr/tel-01130476>
- Drela, M. (2014). *Flight vehicle aerodynamics*. MIT press.
- Duarte, R., Araújo, D., Correia, V., & Davids, K. (2012). Sports teams as superorganisms. *Sports medicine*, 42(8), 633-642. <https://doi.org/10.1007/BF03262285>
- Eccles, D. W. (2016). Team Coordination. Dans R. J. Schinke, K. R. McGannon, & B. Smith (dir.), *Routledge international handbook of sport psychology* (pp. 463-469). Routledge international handbooks
- Durand, M., Hauw, D., & Poizat, G. (2015). *L'apprentissage des techniques corporelles*. Presses Universitaires de France.
- 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. <https://doi.org/10.1123/jsep.26.4.542>

- Eccles, D. W., & Tenenbaum, G. (2007). *A social-cognitive perspective on team functioning in sport*. Dans G. Tenenbaum & R. C. Eklund (dir.), *Handbook of sport psychology* (pp. 264–283). John Wiley & Sons.
- 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. <https://doi.org/10.1080/21520704.2011.649229>
- Endsley, M. R. (1988, October). Design and evaluation for situation awareness enhancement. *Proceedings of the Human Factors Society annual meeting*, 32(2), 97-101.
- ENVSN (2019) *Foils Journées de l'ENVSN – Baie de Quiberon*. <https://www.envsn.sports.gouv.fr/52-foils-journees/682-foils-journees-de-l-envsn-baie-de-quiberon>
- Eurolarge Innovation (2017). *FRF Part 1 Foiler en course : une révolution dans la pratique de la voile* [Video]. Youtube. https://www.youtube.com/watch?v=z5Vjr_ywwmc
- Falzon, P. (2004). *Ergonomie*. Presses universitaires de France.
- 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.
- Fédération Française de Voile (2017). *Formations foils 2017*. Mission Formation Emploi. http://www.ffvoile.fr/ffv/web/actualites/actus_detail.asp?ID=3921#gsc.tab=0
- Fédération Française de Voile (2019). *Conférence annuelle de World Sailing : On connaît les 10 séries des JO de Paris 2024 !* http://www.ffvoile.fr/ffv/web/actualites/actus_detail.asp?ID=4885#gsc.tab=0
- Ferrario, V. F., Sforza, C., Dugnani, S., Michielon, G., & Mauro, F. (1999). Morphological variation analysis of the repeatability of soccer offensive schemes. *Journal of sports sciences*, 17(2), 89-95. <https://doi.org/10.1080/026404199366181>
- Février, C., & Monsonnec, F. (2011). On a marché sur la mer. La saga des pionniers des hydrofoils. *Voiles et Voiliers*, 484, 2-11.
- Filière Team France (2017). *Team France Jeune. L'heure du bilan a sonné. Année 2016-2017*. <https://fr.calameo.com/read/00500894138e59032b76e>
- Findlay, M. W., & Turnock, S. R. (2008). Development and use of a Velocity Prediction Program to compare the effects of changes to foil arrangement on a hydrofoiling Moth dinghy. Dans *Proceedings of the International Conference Innovation on High Performance Sailing Yachts*. https://eprints.soton.ac.uk/52462/1/Findlay_Turnock_Foil_VPP.pdf

- Fiore, S. M., & Salas, E. (2006). Team cognition and expert teams: Developing insights from cross-disciplinary analysis of exceptional teams. *International Journal of Sport and Exercise Psychology*, 4(4), 369-375. <https://doi.org/10.1080/1612197X.2006.9671803>
- Flageul, E. (2018). *Travaux de fin d'année du Foiling Workshop !* <https://foilenvsn.wordpress.com/2018/11/09/travaux-de-fin-dannee-du-foiling-workshop/>
- Flichy, P. (2003). Le temps de la technique. Dans P. Flichy (dir.) *L'innovation technique: Récents développements en sciences sociales. Vers une nouvelle théorie de l'innovation* (pp. 145-178). La Découverte.
- Fossati, F. (2009). *Aero-hydrodynamics and the Performance of Sailing Yachts*. Adlard Coles Nautical.
- Freeman, C., & Perez, C., (1988). Structural crisis of adjustment, business cycles and investment behaviour. Dans G. Dosi, C. Freeman, R. Nelson, G. Silverberg, & L. Soete, (dir.) *Technical Change and Economic Theory* (pp. 38-66). Pinter.
- Froese, T., & Di Paolo, E. A. (2011). The enactive approach: Theoretical sketches from cell to society. *Pragmatics & Cognition*, 19(1), 1-36. <https://doi.org/10.1075/pc.19.1.01fro>
- 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. <https://doi.org/10.1038/srep03672>
- Froese, T., Iizuka, H., & Ikegami, T. (2014b). Using minimal human-computer interfaces for studying the interactive development of social awareness. *Frontiers in psychology*, 5. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2014.01061>
- Fuchs T. (2020). The Circularity of the Embodied Mind. *Frontiers in psychology*, 11, 1707. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2020.01707>
- Gatewood, J. B. (1984). Cooperation, competition, and synergy: information-sharing groups among southeast alaskan salmon seiners. *American Ethnologist*, 11, 350-370. <https://doi.org/10.1525/ae.1984.11.2.02a00080>
- Gibson, J. J. (1979). *The Ecological Approach to Visual Perception*. Houghton-Mifflin.
- Girin, J. (1989). L'opportunisme méthodique dans les recherches sur la gestion des organisations. *Communication à la journée d'étude la recherche action en action et en question, AFCET, collège de systémique, Ecole centrale de Paris*.
- Girin, J. (1989). *L'opportunisme méthodologique dans les recherches sur la gestion des organisations*: Communication à la journée d'étude la recherche action en action et en question. AFCET, collège de systémique, École Centrale de paris.

- Girin, J. (2016). *Langage, organisation, situations et agencements*. Presses de l'Université Laval.
- Gouard, P. (1988). *Tome 1- Voile, nouvelles techniques pour gagner*. Chiron.
- Goulven, G. (2010). *Architecture multi-agents pour le pilotage automatique des voiliers de compétition et extensions algébriques des réseaux de Petri* [thèse de doctorat, Université de Bretagne Occidentale]. HAL. <https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-00559442>
- Graf, K., & Freiheit, O. (2020). VPP-driven sail and foil trim optimization for the Olympic Nacra 17 foiling catamaran. *Proceedings of the 5th International Conference on Innovation in High Performance Sailing Yachts and Sail-Assisted Ship Propulsion*, 175-184.
- 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.
- Grisson, B., & Riff, J. (2002). Validité écologique et situations d'étude privilégiées : de la psychologie expérimentale à l'anthropologie cognitive située. *Actes 4èmes Journées d'Etudes de l'Association ACT'ING, Objets théoriques, objets de conception, objets d'analyse et situations d'étude privilégiées*, 6-7.
- Grosjean, K. (2018). Le foil fera son entrée comme discipline à part entière sur le PWA World Tour 2019. *Windmag*. <https://www.windmag.com/actu-le-foil-fera-entree-comme-discipline-part-entiere-pwa-world-tour-2019>
- Guérin, F., Laville, A., Dianellou, F., Duraffourg, J., & Kerguelen, A. (1997). *Comprendre le travail pour le transformer : la pratique de l'ergonomie*. ANACT.
- Guida, P. (2017). *Numerical study of hydrofoils for a Nacra 17 olympic class catamaran* [Mémoire non publié présenté en vue de l'obtention du diplôme d'ingénieur], Università degli Studi di Napoli Federico II.
- Haken, H., Kelso, J. S., & Bunz, H. (1985). A theoretical model of phase transitions in human hand movements. *Biological cybernetics*, 51(5), 347-356. <https://doi.org/10.1007/BF00336922>
- Hamel, J. (1997). *Etude de cas et sciences sociales*. L'Harmattan.
- Hauw, D., Berthelot, C., & Durand, M. (2003). Enhancing performance in elite athlete through situated-cognition analysis: Trampolinists' course of action during competition. *International Journal of Sport Psychology*, 34(4), 299-321

- Havard, G., Seray, T., & Verneuil, T. (2018, 12 Avril). *La révolution du foil : De la plage au large, comment le foil change la pratique de la mer* [Communication orale]. Foil Racing Conference, Vannes, France.
- Heft, H. (2020). Ecological Psychology and Enaction Theory: Divergent Groundings. *Frontiers in psychology, 11*. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2020.00991>
- Hogan, L. (2016, 27 Avril). *International 14 "Thunder and Lightning" – BAE0024*. National Maritime Museum Cornwall. <https://nmmc.co.uk/object/boats/international-14-thunder-and-lightning>
- Huet, B. & Saury, J. (2020, 25-28 Juin). *La contribution de données mesurées à l'approche phénoménologique de l'activité. Apports des travaux menés en sport de haute performance à la réflexion sur les dispositifs de formation des enseignants d'EPS* [communication orale]. 11ème biennale de l'ARIS. Liège, Belgique.
- Hutchins, E. (1995). *Cognition in the Wild*. MIT press.
- Hutchins, E. (2010a). Imagining the cognitive life of things. Dans L. Malafouris & C. Renfrew (dir.), *The cognitive life of things* (pp. 91–101). McDonald Institute for Archaeological Research
- Hutchins, E. (2010b). Enaction, imagination, and insight. Enaction: Toward a new paradigm for cognitive science. Dans De Jaegher, H., & Rohde, M. (dir.), *Enaction: Toward a new paradigm for cognitive science* (pp. 425-450). MIT Press.
- Ihde, D., & Malafouris, L. (2019). Homo faber revisited: Postphenomenology and material engagement theory. *Philosophy & Technology, 32*(2), 195-214. <https://doi.org/10.1007/s13347-018-0321-7>
- International Kiteboarding Association (2015, 16 Mai). *Kitefoil GoldCup.- Italy added to the 2015 Tour*. Sail-World. <https://www.sail-world.com/134361>
- Iso, I. S. O. (2018). 9241-11 (2018) Ergonomics of human-system interaction—part 11: usability: definitions and concepts. *International Organization for Standardization*. [https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:9241\(11\)](https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:9241(11)). <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:9241:-11:ed-2:v1:en>
- Jallat, D. (2015). L'introduction des Nouveaux dériveurs en France dans les années 1990: construction et évolution des images et des représentations d'une pratique nautique. *Loisir et Société/Society and Leisure, 38*(1), 20-36. <https://doi.org/10.1080/07053436.2015.1006958>

- James M. M. (2020). Bringing Forth Within: Enhabiting at the Intersection Between Enaction and Ecological Psychology. *Frontiers in psychology*, 11, 1348. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2020.01348>
- Johannsen, D. (2017, 03 Juin). America's Cup : Team New Zealands 'dry lap'. *NZ Herald*. https://www.nzherald.co.nz/sport/news/article.cfm?c_id=4&objectid=11868835
- Julien, M-P., & Rosselin, C. (2005). Culture matérielle incorporée et processus d'identification: Navigateurs de compétition et croisiéristes "bord à bord". Dans S. Tabois (dir.), *Corps en société* (pp. 75-107). Maison de l'homme et de la société.
- Jullien, F. (1992). *La propension des choses: Pour une histoire de l'efficacité en Chine*. Seuil.
- Jullien, F. (2005). *Conférence sur l'efficacité*. Presses universitaires de France.
- 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. <https://doi.org/10.1152/ajpregu.1984.246.6.R1000>
- Kelso, J. A. S. (1995). *Dynamic patterns: The self-organization of brain and behavior*. MIT press.
- Kelso, J. A. S. (2013). Coordination Dynamics. Dans R.A. Meyers (dir.) *Encyclopedia of Complexity and System Science* (pp. 1537-1564). Springer
- Kermarrec, G., Cardin, Y & Bossard, C. (2014). Shared Understanding and Coordination in Team Sports. Contribution of Viewpoints Changes and Shared Information Displays for Team Situation Awareness Training. Dans J. Cabri, P. Pezarat-Correia & J. Barreiros (dir.), *Proceedings of the 2th International Conference on Sport Sciences and Technological Supports* (pp. 89-96). Scitepress.
- Kimmel, M., Hristova, D., & Kussmaul, K. (2018). Sources of embodied creativity: interactivity and ideation in contact improvisation. *Behavioral Sciences*, 8(6), 52. <https://doi.org/10.3390/bs8060052>
- Kimmel, M., & Rogler, C. R. (2018). Affordances in interaction: the case of aikido. *Ecological Psychology*, 30(3), 195-223. <https://doi.org/10.1080/10407413.2017.1409589>
- Kirsh, D., & Maglio, P. (1994). On distinguishing epistemic from pragmatic action. *Cognitive science*, 18(4), 513-549. [https://doi.org/10.1016/0364-0213\(94\)90007-8](https://doi.org/10.1016/0364-0213(94)90007-8)
- Kuhn, T. S. (1983). *La structure des révolutions scientifiques*. Flammarion.
- Lacombe, P. (2002). La planche à voile. *Techniques & Culture. Revue semestrielle d'anthropologie des techniques*, (39). <https://doi.org/10.4000/tc.154>

- Laurent, M. (2009). Filières sportives Double et solitaire. Dans D. Moritz (dir.), *Guide l'Équipe 2009* (p. 8). L'Équipe France Jeune.
- Leblanc, S. (2012). *Conception d'environnements vidéo numériques de formation. Développement d'un programme de recherche technologique centré sur l'activité dans le domaine de l'éducation* [Note de synthèse Habilitation à Diriger des Recherches, Université Paul Valéry Montpellier 3]. HAL. <https://hal.umontpellier.fr/tel-01627323>
- Le Clainche, P. (2019, 13 Avril). UFO. Un Ovni pour que tout le monde vole. *Voiles et Voiliers Ouest France*. <https://voilesetvoiliers.ouest-france.fr/bateau/foiler/ufo-un-ovni-pour-que-tout-le-monde-vole-69a4ccd4-5d30-11e9-bd04-436fdea89979>
- Li X, Dunn B, Betzler N, Shan GB. (2006). Golfer-club interaction during swing and its influences on motor control strategies employed by advanced golfers. *Proceedings of 24th International Symposium on Biomechanics in Sports*. <https://ojs.ub.uni-konstanz.de/cpa/article/view/116>
- Lindsay, D. M., Horton, J. F., & Paley, R. D. (2002). Trunk motion of male professional golfers using two different golf clubs. *Journal of Applied Biomechanics*, 18(4), 366-373. <https://doi.org/10.1123/jab.18.4.366>
- Loiselet, A., & Hoc, J. M. (2001). La gestion des interférences et du référentiel commun dans la coopération: implications pour la conception. *Psychologie française*, 46(2), 167-179.
- Loret, A. (1995). *Génération glisse*. Autrement.
- Lundgren, L., Bligård, L.-O., Brorsson, S., & Osvalder, A.-L. (2011). Implementation of usability analysis to detect problems in the management of kitesurfing equipment. *Procedia Engineering*, 13, 525-530. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2011.05.125>
- Lundgren, L., Brorsson, S., & Osvalder, A.-L. (2012). Comfort aspects important for the performance and safety of kitesurfing. *A Journal of Prevention, Assessment and Rehabilitation*, 41, 1221-1225. <https://doi.org/10.3233/WOR-2012-0306-1221>
- McGarry, T. I. M., Khan, M. A., & Franks, I. M. (1999). On the presence and absence of behavioural traits in sport: An example from championship squash match-play. *Journal of Sports Sciences*, 17(4), 297-311. <https://doi.org/10.1080/026404199366019>
- McGarry, T., Anderson, D. I., Wallace, S. A., Hughes, M. D., & Franks, I. M. (2002). Sport competition as a dynamical self-organizing system. *Journal of Sports Sciences*, 20(10), 771-781. <https://doi.org/10.1080/026404102320675620>

- McNeese, N., Cooke, N. J., Fedele, M. et Gray, R. (2016). Perspectives on team cognition and team sports. Dans M. Raab, P. Wylleman, R. Seiler, A.-M. Elbe, et A. Hatzigeorgiadis (dir.), *Sport and Exercise Research. from Theory to Practice* (pp. 123–141). Elsevier
- Malafouris, L. (2013). *How things shape the mind*. MIT press.
- Malafouris, L. (2019). Mind and material engagement. *Phenomenology and the cognitive sciences*, 18(1), 1-17. <https://doi.org/10.1007/s11097-018-9606-7>
- Malafouris, L. (2020). Thinking as “thinging”: Psychology with things. *Current Directions in Psychological Science*, 29(1), 3-8. <https://doi.org/10.1177/0963721419873349>
- Maturana, H. R., & Varela, F. J. (1994). *L'arbre de la connaissance. Racines biologiques de la compréhension humaine*. Addison-Wesley France.
- Meerhoff, L. R. A., & De Poel, H. J. (2014). Asymmetric interpersonal coupling in a cyclic sports-related movement task. *Human Movement Science*, 35, 66-79. <https://doi.org/10.1016/j.humov.2014.04.003>
- Merleau-Ponty, M. (1942). *La structure du comportement*. Presses Universitaires de France.
- 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.
- Monnier, P. (2017, 03 Janvier). Les bateaux volants et les foils ne sont plus réservés aux pros de la navigation. *L'usine nouvelle*. <https://www.usinenouvelle.com/article/les-bateaux-volants-et-les-foils-ne-sont-plus-reserves-aux-pros-de-la-navigation.N507639>
- Mulattris, K.P. (1999). *Désir, sens et signification chez Sartre. Phénoménologie de l'existence comme existence sensée*. L'Harmattan
- Neda, Z., Ravasz, E., Brechet, Y., Vicsek, T., & Barabási, A. L. (2000). The sound of many hands clapping: Tumultuous applause can transform itself into waves of synchronized clapping. *Nature*, 403(6772), 849-850. <https://doi.org/10.1038/35002660>
- Newen, A., Bruin, L. D., & Gallagher, S. (2018). *The Oxford Handbook of 4E Cognition*. Oxford University Press.
- Noreen, A. E., Gill, P. R., & Feifel, W. M. (1980). Foilborne hydrodynamic performance of Jetfoil. *Journal of Hydronautics*, 14(2), 56-62. <https://doi.org/10.2514/3.48176>
- Norman, D. A. (1988). *The design of everyday things*. Basic Books.
- Norman, D. A. (1993). *Things that make us smart*. Perseus Publishing.
- Ouest France (2018, 22 Juin). Le Pouliguen. Désormais une école de voile à foil. <https://www.ouest-france.fr/pays-de-la-loire/la-baule-44500/le-pouliguen-desormais-une-ecole-de-voile-foil-5840814>

- Ombredane, J.M., & Faverge, A. (1955). *L'analyse du travail: facteur d'économie humaine et de productivité*. Presses Universitaires de France.
- 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. <https://doi.org/10.1080/17470910701563392>
- Outteridge, N. (2013). Setting up and handling the Foil Moth. Dans F. Bethwaite (dir.), *Fast handling technique* (pp. 146-149). Adlard Coles Nautical.
- Passos, P., Cordovil, R., Fernandes, O., & Barreiros, J. (2012) Perceiving affordances in rugby union, *Journal of Sports Sciences*, 30(11), 1175-1182. <https://doi.org/10.1080/02640414.2012.695082>
- Paulin, A., Hochkirch, K., & Fischer, M. (2015). performance assessment and optimization of a C-Class catamaran hydrofoil configuration. *5th High Performance Yacht Design Conference*, 190-199.
- Peirce, C. S. (1978). *Écrits sur le signe*. Seuil
- Perrin, N., Theureau, J., Menu, J., et Durand, M. (2011). SIDE-CAR : Un outil numérique d'aide à l'analyse de l'activité par rétrodiction. Exploitation selon le cadre théorique du cours d'action. *Recherches qualitatives*, 30(2), 148-174. <http://hdl.handle.net/20.500.12162/100>
- 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 non publiée], Université de Rouen.
- Poizat, G., Adé, D., Seifert, L., Toussaint, H., & Gal-Petitfaux, N. (2010). Evaluation of the Measuring Active Drag system usability: An important step for its integration into training sessions. *International Journal of Performance Analysis in Sport*, 10(2), 170-186. <https://doi.org/10.1080/24748668.2010.11868512>
- Poizat, G., Bourbousson, J., Saury, J., & Sève, C. (2009). Analysis of contextual information sharing during table tennis matches: An empirical study of coordination in sports. *International Journal of Sport and Exercise Psychology*, 7(4), 465-487. <https://doi.org/10.1080/1612197X.2009.9671920>
- Poizat, G., Haradji, Y., & Seifert, L. (2011). Concevoir du matériel sportif à partir d'une approche centrée sur l'activité : une alternative en ergonomie du sport. *Staps*, (4), 71-83. <https://doi.org/10.3917/sta.094.0071>

- 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, 323-357. <https://doi.org/10.3917/th.714.0323>
- Potkanowicz, E.S., Mendel, R.W. The Case for Driver Science in Motorsport: A Review and Recommendations. *Sports Medicine*, 43, 565–574. <https://doi.org/10.1007/s40279-013-0040-2>
- Püschl, W. (2018). High-speed sailing. *European Journal of Physics*, 39(4), 044002. <https://doi.org/10.1088/1361-6404/aab982>
- Reed, E. S. (1996). *Encountering the world: Toward an ecological psychology*. Oxford University Press.
- Remocker, B. (2017, 02 Mai). *The reasoning behind foiling regattas this summer*. Nacra 17 Class. <https://nacra17.org/reasoning-behind-foiling-regattas-summer/>
- 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. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2016.00720>
- R'kiouak, M. (2017). «*Ramer ensemble*» en aviron: entre régulation inter-et extra-personnelle, contribution à une approche enactive des couplages sociaux [Thèse de doctorat non publiée], Université de Nantes.
- Rietveld, E., & Kiverstein, J. (2014). A rich landscape of affordances. *Ecological Psychology*, 26(4), 325-352. <https://doi.org/10.1080/10407413.2014.958035>
- Rix-Lièvre, G. (2010). Différents modes de confrontation à des traces de sa propre activité: Vers une confrontation à une perspective subjective située. *Revue d'anthropologie des connaissances*, vol 4, 2(2), 358-379. <https://doi.org/10.3917/rac.010.0358>
- Rochat, N. (2017). *Analyse énative de l'activité en trail et ultra-trail: une approche multi-sourcing* [Thèse de doctorat, Université de Rouen Normandie et Université de Lausanne]. HAL. <https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-01697654>
- Rochat, N., Hauw, D., & Seifert, L. (2019). Enactments and the design of trail running equipment: An example of carrying systems. *Applied ergonomics*, 80, 238-247. <https://doi.org/10.1016/j.apergo.2018.07.002>
- Rochat, N., Seifert, L., Guignard, B., & Hauw, D. (2019). An enactive approach to appropriation in the instrumented activity of trail running. *Cognitive processing*, 20(4), 459-477. <https://doi.org/10.1007/s10339-019-00921-2>

- Rodríguez, M. C., García, E., & Poleo, A. (2005). High speed crafts in the Canary Islands. *Journal of maritime research*, 2(2), 81-92.
- Rogers, C. R. (1962). The interpersonal relationship. *Harvard educational review*, 32(4), 416-429.
- Rosch, E. (1978). *Cognition and categorization*. Lawrence Erlbaum.
- Roth, E. M. , Mumaw, R. J., & Lewis, P. M. (1994). *An empirical investigation of operator performance in cognitively demanding simulated emergencies (NUREG/CR-6208)*. Washington, DC: U.S. Nuclear Regulatory Commission.
<https://doi:10.2172/10168347>.
- Salembier, P., & Zouinar, M. (2004). Intelligibilité mutuelle et contexte partagé. Inspirations conceptuelles et réductions technologiques. *Activités*, 1(1-2).
<https://doi.org/10.4000/activites.1243>
- 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. <https://doi.org/10.1518/001872095779049525>
- Salmon, P., Stanton, N. A., Gibbon, A., Jenkins, D., & Walker, G. H. (2009). *Human factors methods and sports science: A practical guide*. CRC Press.
- Sarter, N. B., & Woods, D. D. (1991). Situation awareness: A critical but ill-defined phenomenon. *The International Journal of Aviation Psychology*, 1(1), 45-57.
https://doi.org/10.1207/s15327108ijap0101_4
- Sartre, J. (1960). *Critique de la raison dialectique*. Gallimard.
- Sanjek, R. (1990). *Fieldnotes: The makings of anthropology*. Ithaca: Cornell University Press.
- Saury, J. (1990) Technique planche : Quelle technique pour déterminer la « référence » technique à atteindre ? *Cahiers de l'ENV*, 7, 21-30.
- Saury, J. (1998). *L'action des entraîneurs dans les situations de compétitions en voile olympique: contribution à une anthropologie cognitive du travail des entraîneurs des sportifs, finalisée par la conception d'aides à l'entraînement* [Thèse de doctorat non publiée], Université de Montpellier 1.
- Saury, J. (2001). Activité collective et décision tactique en voile. *Actes du IXème colloque International de l'ACAPS*, Valence, France.
- 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. Dans D. Lehénaff & C. Mathieu (dir.), *Expertise et sport de haut niveau. Les Cahiers de l'INSEP n° 34* (pp. 87-91). INSEP.

- Saury, J. (2008a). Transitions entre formes coopératives et concurrentielles de l'activité collective dans la prise de décision tactique au sein d'équipages experts en voile. Dans J.M. Hoc & Y. Corson (dir.), *Actes du Congrès 2007 de la Société Française de Psychologie* (pp. 177-185).
- Saury, J. (2008b). *La coopération dans les situations d'intervention, de performance et d'apprentissage en contexte sportif*. [Note de synthèse non publiée pour l'Habilitation à Diriger des Recherches], Université de Nantes.
- Saury, J., Durand, M., & Theureau, J. (1997). L'action d'un entraîneur expert en voile en situation de compétition: étude de cas contribution à une analyse ergonomique de l'entraînement. *Science et motricité (Paris)*, (31), 21-35.
- 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). <https://doi.org/10.4000/activites.2369>
- Saury, J., Adé, D., Gal-Petitfaux, N., Huet, B., Sève, C., & Trohel, J. (2013). *Actions, significations et apprentissages en EPS. Une approche centrée sur les cours d'expériences des élèves et des enseignants*. Éditions Revue EPS.
- Saury, J. (2018, 18-19 Octobre). *Les athlètes sont-ils vraiment les meilleurs capteurs ? L'exploitation des sensations des athlètes pour analyser et optimiser leurs performances* [communication orale]. 7ème colloque Sport et Recherche en Pays de Loire, Nantes, France.
- Saury, J. (2020, 23 Janvier). *Articuler expérience perceptive des sportifs et mesures mécaniques pour analyser et optimiser la performance en voile olympique* [communication orale]. 1ère journée du GDR Sport et Activité Physique EHESS, Paris, France.
- Schön, D. A. (1994). *Le praticien réflexif: À la recherche du savoir caché dans l'agir professionnel*. Éditions Logiques.
- Schön, D. (2011). A la recherche d'une nouvelle épistémologie de la pratique et de ce qu'elle implique pour l'éducation des adultes. Dans J-M. Barbier (dir.), *Savoirs théoriques et savoirs d'action* (pp. 201-222). Presses Universitaires de France
- Schwartz, Y. (1998). *Reconnaissances du travail: Pour une approche ergologique*. Presses universitaires de France.
- Segundo-Ortin M. (2020). Agency From a Radical Embodied Standpoint: An Ecological-Enactive Proposal. *Frontiers in psychology*, 11, 1319. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2020.01319>

- Seifert, L., Adé, D., Saury, J., Bourbousson, J., & Thouwarecq, R. (2016). Mix of phenomenological and behavioural data to explore interpersonal coordination in outdoor activities. Dans P. Passos, K. Davids & J. Y. Chow (dir.), *Interpersonal Coordination and Performance in Social Systems*, (pp. 109-125). Routledge.
- Seifert, L., & Davids, K. (2017). Ecological Dynamics: A Theoretical Framework for Understanding Sport Performance, Physical Education and Physical Activity. Dans P. Bourguine, P. Collet & P. Parrend (dir.), *First Complex Systems Digital Campus World E-Conference 2015* (pp. 29-40). https://doi.org/10.1007/978-3-319-45901-1_3
- 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. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2017.00075>
- Sève, C. (2000). *Analyse sémiologique de l'activité de pongistes de haut niveau lors de matchs internationaux : contribution à une anthropologie cognitive de l'activité des sportifs finalisée par la conception d'aides à l'entraînement* [thèse de doctorat non publiée], Université de Montpellier 1.
- Sève, C., & Leblanc, S. (2003). Exploration et exécution en situation: singularité des actions, construction de types et apprentissage dans deux contextes différents. *Recherche & formation*, 42(1), 63-74. <https://doi.org/10.3406/refor.2003.1827>
- Sève, C., Saury, J., Ria, L., & Durand, M. (2003). Structure of Expert Players' Activity during Competitive Interaction in Table Tennis. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 74(1), 71-83. <https://doi.org/10.1080/02701367.2003.10609066>
- Sève, C., Theureau, J., Saury, J., & Haradji, Y. (2012). Drôles d'endroits pour une rencontre: STAPS, Ergonomie & Cours d'action. Dans M. Quidu (dir.), *Les Sciences du sport en mouvement. Innovations et traditions théoriques en STAPS* (pp. 39-64). L'Harmattan.
- Monsonnec, F. (2019). La Semaine Affoilante, c'est reparti ! *Foilers ! le blog des bateaux volants*. <https://foils.wordpress.com/2019/02/15/la-semaine-affoilante-cest-reparti/>
- Shafizadeh, M., Davids, K., Correia, V., Wheat, J., & Hizan, H. (2016). Informational constraints on interceptive actions of elite football goalkeepers in 1v1 dyads during competitive performance. *Journal of sports sciences*, 34(17), 1596-1601. <https://doi.org/10.1080/02640414.2015.1125011>
- Shan, G. B. (2008). Sport equipment evaluation and optimization—A review of the relationship between Sport Science Research and Engineering. *The Open Sports Sciences Journal*, 1(1). <https://doi.org/10.2174/1875399X00801010005>

- Shapiro, L. A. (2019). *Embodied cognition*. Routledge.
- 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. <https://doi.org/10.1007/s40279-013-0070-9>
- Simon, H. A. (1982). *Models of bounded rationality*. MIT Press.
- Simon, H. A. (1990). Invariants of human behavior. *Annual review of psychology*, 41(1), 1-19. <https://doi.org/10.1146/annurev.ps.41.020190.000245>
- Simondon, G. (2005). *L'individuation à la lumière des notions de forme et d'information*. Grenoble : Million.
- Soulé, B. (2007). Observation participante ou participation observante? Usages et justifications de la notion de participation observante en sciences sociales. *Recherches qualitatives*, 27(1), 127-140.
- Steffensen, R., Gabrys, A., & Holzapfel, F. (2019, 3-5 Avril). *Flight envelope protections using phase plane limits and backstepping control* [communication orale]. 5th CEAS Specialist Conference on Guidance, Navigation and Control (EuroGNC), Milan, Italie.
- Stiegler, B. (1998). Temps et individuations technique, psychique et collective dans l'oeuvre de Simondon. *Intellectica*, 26(1), 241-256. https://www.persee.fr/doc/intel_0769-4113_1998_num_26_1_1579
- Strauss, A., & Corbin, J. (1990). *Basics of qualitative research*. Sage publications.
- Suchman, L. A. (1987). *Plans and situated actions: The problem of human-machine communication*. Cambridge University Press.
- Surmin, R. (1981). *L'équipage en régate, une étude de relation dyadique coopérative et complémentaire en situation de régate*. [Thèse de doctorat non publiée], Université Paris VII.
- Susi, T. (2016). Social cognition, artefacts, and stigmergy revisited: Concepts of coordination. *Cognitive Systems Research*, 38, 41-49. <https://doi.org/10.1016/j.cogsys.2015.12.006>
- 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. [https://doi.org/10.1016/S1389-0417\(01\)00053-5](https://doi.org/10.1016/S1389-0417(01)00053-5)

- Terret, C., Robène, L., & Grosjean, B. (2017). Histoire des techniques en canoë-kayak freestyle. *Movement & Sport Sciences*, 97(3), 53-64. <https://doi.org/10.3917/sm.097.0053>
- Terrien, E. (2016). *Analyse exploratoire de l'activité de spécialistes du Stand Up Paddle Race au cours de situations d'entraînement*. [Mémoire de Master 1 non publié], Université de Nantes
- Terrien, E. (2017b). *Analyse située des interactions coach-surfeur en compétition*. [Mémoire de Master 2 non publié], Université de Nantes.
- Terrien, E. (2017a, 11 Novembre). *SUP Foil : Flat Water Take Off explained*. Youtube. <https://www.youtube.com/watch?v=aZp3p8Kbjwc>
- Terrien, E. (2018). Molokai 2 Oahu, Eric Terrien raconte sa traversée en SUP-Foil. *Supmag*, 46, 30-32.
- Terrien, E., Huet, B., Iachkine, P., & Saury, J. (2020). Coordination between Crew Members on Flying Multihulls: A Case Study on a Nacra 17. *Journal of Sports Science & Medicine*, 19(2), 298. <https://www.jssm.org/casejssm-19-298.xml.xml>
- Terrien, E., Huet B., & Saury, J. (sous presse). Équipements sportifs innovants et développement d'une culture technique. l'exemple de la navigation sur des voiliers « volants ». @ctivité.
- Theraulaz, G., & Bonabeau, E. (1999). A brief history of stigmergy. *Artificial life*, 5(2), 97-116. <https://doi.org/10.1162/106454699568700>
- Theureau, J. (1992). *Le cours d'action : analyse sémio-logique. Essai d'anthropologie cognitive située*. Peter Lang.
- Theureau, J. (2004a). *Le cours d'action: Méthode élémentaire*. Toulouse : Octarès.
- Theureau, J. (2004b). L'hypothèse de la cognition (ou action) située et la tradition d'analyse du travail de l'ergonomie de langue française. *Activités*, 1(2), 11-26. <https://doi.org/10.4000/activites.1219>
- Theureau, J. (2006). *Le cours d'action: Méthode développée*. Octarès.
- Theureau, J. (2009). *Le cours d'action: méthode réfléchie*. Octarès.
- Theureau, J. (2015). *Le cours d'action: l'enaction & l'expérience*. Octarès.
- Theureau, J., & Filippi, G. (1994). Cours d'action et conception d'un système d'aide à la régulation. Le cas de la régulation du trafic du RER. *Sociologie du Travail*, XXXVI (4), 547-562.
- Theureau, J., & Jeffroy, F. (1994). *Ergonomie des situations informatisées. La conception centrée sur le cours d'action des utilisateurs*. Octarès.

- Thompson, E. (2007). *Mind in life: Biology, phenomenology, and the sciences of mind*. Harvard University Press.
- Thompson, E., & Stapleton, M. (2009). Making sense of sense-making: Reflections on enactive and extended mind theories. *Topoi*, 28(1), 23-30. <https://doi.org/10.1007/s11245-008-9043-2>
- Travieso, D., Lobo, L., De Paz, C., Langelaar, T. E., Ibáñez-Gijón, J., & Jacobs, D. M. (2020). Dynamic Touch as Common Ground for Enactivism and Ecological Psychology. *Frontiers in Psychology*, 11, 1257. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2020.01257>
- Van Baelen, D., Ellerbroek, J., Van Paassen, M. M., & Mulder, M. (2020). Design of a haptic feedback system for flight envelope protection. *Journal of Guidance, Control, and Dynamics*, 43(4), 700-714. <https://doi.org/10.2514/1.G004596>
- Van der Wel, R. P., Knoblich, G., & Sebanz, N. (2011). Let the force be with us: dyads exploit haptic coupling for coordination. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 37(5), 1420. <https://doi.org/10.1037/a0022337>
- Varela, F. J. (1989). *Autonomie et Connaissance. Essai sur le vivant*. Seuil.
- Varela, F. J. (1997). Patterns of life: Intertwining identity and cognition. *Brain and cognition*, 34(1), 72-87. <https://doi.org/10.1006/brcg.1997.0907>
- Varela, F. J. (1996). *Invitation aux sciences cognitives*. Seuil.
- Varela, F., Thompson, E., & Rosch, E. (1993). *L'inscription corporelle de l'esprit. Sciences cognitives et expérience humaine*. Seuil.
- Vermersch, P. (1994). *L'entretien d'explicitation*. ESF.
- Veyne, P. (1971). *Comment on écrit l'histoire : essai d'épistémologie*. Seuil.
- Veyrunes, P., Bertone, S., & Durand, M. (2003). L'exercice de la pensée critique en recherche-formation : vers la construction d'une éthique des relations entre chercheurs et enseignants débutants. *Savoirs*, 2, 53-7. <https://doi.org/10.3917/savo.002.0051>
- Vigarello, G. (1988). *Techniques d'hier... Et d'aujourd'hui : Une histoire culturelle du sport*. Robert Laffont.
- Von Cranach M., Kalbermatten U., Indermuhle K., & Gugler B. (1982). *Goal directed action*. Academic Press.
- Von Uexküll, J. (1965). *Mondes animaux et monde humain*. Denoël.
- Wacquant, L. (2002). *Corps et âme: carnets ethnographiques d'un apprenti boxeur*. Agone.
- Warnier, J. P. (1999). *Construire la culture matérielle: l'homme qui pensait avec ses doigts*. Presses universitaires de France.

- Weber, A., & Varela, F. J. (2002). Life after Kant: Natural purposes and the autopoietic foundations of biological individuality. *Phenomenology and the cognitive sciences*, 1(2), 97-125. <https://doi.org/10.1023/A:1020368120174>
- Withagen, R., De Poel, H. J., Araújo, D., & Pepping, G. J. (2012). Affordances can invite behavior: Reconsidering the relationship between affordances and agency. *New Ideas in Psychology*, 30(2), 250-258. <https://doi.org/10.1016/j.newideapsych.2011.12.003>
- Withagen, R., Araújo, D., & de Poel, H. J. (2017). Inviting affordances and agency. *New Ideas in Psychology*, 45, 11-18. <https://doi.org/10.1016/j.newideapsych.2016.12.002>
- Yin, R. K. (2013). Designing case studies. Dans L. Maruster & M.J. Gijsenberg (dir.) *Qualitative Research Methods* (pp. 359-386). Sages publications



Titre : Stabiliser le vol d'un voilier à foils : le bateau comme partenaire

Mots clés : Activité collective, Cours d'action, Enaction, Foils, Voile

Résumé : Notre thèse porte sur l'activité d'équipages de voiliers volants cherchant à stabiliser le vol de ces voiliers. Cette activité collective présuppose des ajustements permanents de la part de coéquipiers, qui partagent un support matériel sensible à la fois à leur activité et à son environnement naturel. Nous avons conduit trois études complémentaires en nous inscrivant dans le programme de recherche du Cours d'action (Theureau, 2006). Ces études sont articulées autour des notions de contrôle et de maintien de la stabilité de vol. Dans la première étude nous avons interrogé l'émergence d'une culture technique propre à un panel d'acteurs de la voile volante, relative à ces notions. Dans la deuxième étude nous avons étudié les différentes formes d'interaction entre l'équipage,

le bateau et l'environnement au cours d'une session d'entraînement en catamaran volant. Dans la troisième étude, nous avons décrit et analysé des situations de navigation au cours desquelles l'activité collective s'organisait selon différentes stratégies de modulation des possibilités d'action de l'équipage et des possibilités de mouvement du bateau. Les résultats de ces études révèlent le rôle "actif" du bateau dans la coordination de l'équipage en tant que partenaire de celui-ci. Notre thèse contribue en ce sens à porter un nouveau regard sur les relations entre les sportifs et les équipements sportifs partagés, notamment lorsque ces derniers disposent d'une autonomie relative de mouvement.

Title: Stabilizing the flight of a foiling sailboat: The boat as a partner

Keywords: Collective activity, Course of action, Enaction, Hydrofoils, Sailing

Abstract: Our thesis focuses on the activity of foiling sailboat crewmembers seeking to stabilize the flight of these boats. This collective activity presupposes permanent adjustments of the teammates who share a material support sensitive to both their activity and its natural environment. We carried out three studies within the "Course of action" research program (Theureau, 2003, 2006). These studies were structured around the concepts of control and preservation of flight stability. In the first study, we questioned the emergence of a technical culture related to these concepts within a group of actors of the flying boats sailing scene. In the second study we studied the different forms of interaction between crewmembers, the boat and the environment during a foiling catamaran training session. In the third study

we described and analyzed sailing situations in which collective activity was organized according to different strategies of modulation of the possibilities of action of the crewmembers and the possibilities of movement of the boat. The results of these studies reveal the "active" role of the boat, as a partner of the crewmembers to achieve coordination. In this sense, our thesis contributes to change the perspective on the relationships between athletes and shared sports equipment, especially when the latter have a relative autonomy of movement.