

UNIVERSITÉ DU QUÉBEC À MONTRÉAL

DYNAMIQUE DES PROCESSUS
DE NIVEAUX PERSONNEL ET SUBPERSONNEL
DANS LA PERFORMANCE MOTRICE EXPERTE

MÉMOIRE

PRÉSENTÉ

COMME EXIGENCE PARTIELLE
DE LA MAÎTRISE EN PHILOSOPHIE

PAR

CLÉMENT ARNOULD

MARS 2019

UNIVERSITÉ DU QUÉBEC À MONTRÉAL
Service des bibliothèques

Avertissement

La diffusion de ce mémoire se fait dans le respect des droits de son auteur, qui a signé le formulaire *Autorisation de reproduire et de diffuser un travail de recherche de cycles supérieurs* (SDU-522 – Rév.10-2015). Cette autorisation stipule que «conformément à l'article 11 du Règlement no 8 des études de cycles supérieurs, [l'auteur] concède à l'Université du Québec à Montréal une licence non exclusive d'utilisation et de publication de la totalité ou d'une partie importante de [son] travail de recherche pour des fins pédagogiques et non commerciales. Plus précisément, [l'auteur] autorise l'Université du Québec à Montréal à reproduire, diffuser, prêter, distribuer ou vendre des copies de [son] travail de recherche à des fins non commerciales sur quelque support que ce soit, y compris l'Internet. Cette licence et cette autorisation n'entraînent pas une renonciation de [la] part [de l'auteur] à [ses] droits moraux ni à [ses] droits de propriété intellectuelle. Sauf entente contraire, [l'auteur] conserve la liberté de diffuser et de commercialiser ou non ce travail dont [il] possède un exemplaire.»

REMERCIEMENTS

Je tiens d'abord à remercier mon directeur de recherche, le professeur Pierre Poirier, d'avoir été toujours présent, mais avec suffisamment de retrait pour me laisser initiative et liberté dans la recherche; à la manière d'un guide marchant en arrière dans une cordée.

Je remercie aussi toutes les personnes qui m'ont enseigné la philosophie, en particulier le premier – Monsieur Frattini – et les professeurs du département de philosophie de l'UQÀM, notamment Denis Fisette et Luc Faucher dont les commentaires ont toujours été précis et pertinents.

Je remercie le professeur retraité Maurice Legault pour m'avoir formé à l'entretien d'explicitation et avoir pris sur son temps libre pour m'encadrer dans des activités de recherches qui n'ont malheureusement pas pu avoir leur place dans ce mémoire mais en ont néanmoins influencé le contenu.

Je souhaite également remercier toutes les personnes qui ont nourri ma passion pour la natation, et plus particulièrement celles qui accompagné ma réflexion sur cette activité, je pense notamment à Jean-Christophe Sarnin, Nicolas Monet, Raymond Catteau et Jean-Baptiste Nado.

Enfin, ce sont peut-être des excuses plutôt que des remerciements que je devrais adresser à ma conjointe ainsi qu'à nos deux filles, nées durant mes études de maîtrise. Rachel, Maëlle, Ophélie, pardonnez-moi pour le temps que je ne vous ai pas accordé ces dernières années.

À Maëlle et Ophélie.

AVANT-PROPOS

Ma motivation à effectuer les recherches qui ont aboutis dans la rédaction de ce mémoire est directement issue de mon vécu de nageur. Il m'est arrivé souvent de réaliser de relativement bonnes performances en ayant l'impression de ne pas penser beaucoup à ce que j'étais en train de faire, si ce n'est au plaisir de nager vite. À l'inverse, il m'est arrivé aussi de me perdre dans des analyses intellectuelles et de nager « comme un robot » (avec des mouvements saccadés et peu efficaces), ce qui menait inmanquablement à l'échec. Ces deux types de situation m'inclinaient à donner du crédit aux recommandations du type « nage sans penser à rien » (le fameux « just-do-it »).

D'un autre côté, faire confiance à mon corps et ne penser à rien ne suffisaient pas toujours pour performer à mon meilleur niveau. Je sentais qu'il y avait quelque-chose de différent entre les situations de bonne et de moins bonne performance, dans la manière de mettre mon corps en action. Mais quoi? Comment saisir cette différence, la comprendre, sans redevenir le « robot intellectuel » que j'ai mentionné plus haut? Cette question n'a cessé de m'habiter durant ma pratique de nageur. Et, lorsque je suis devenu entraîneur, elle s'est faite suffisamment pressante pour que je décide d'y consacrer un mémoire de maîtrise.

La réflexion théorique qui constitue ce mémoire est donc fortement enracinée dans un questionnement pratique. Aussi, bien que j'aie fait un effort pour viser la performance motrice experte *en général*, il se pourrait que certains aspects de ma réflexion s'appliquent mieux aux activités qui ressemblent plus à la natation, étant donné que la plupart des exemples qui ont guidé ma pensée sont issus soit de mon propre vécu, soit de descriptions de vécus faites, lors d'entretiens, par d'autres nageurs.

J'ai effectivement réalisé de nombreux *entretiens d'explicitation* (voir ma présentation de cette technique dans le mémoire) avec les nageurs que j'entraînais, durant mes recherches de maîtrise. J'avais initialement pour projet de produire des descriptions phénoménologiques de l'expérience d'athlètes experts et non-experts, en situation de performance, incluant les dimensions pré-réfléchies. L'idée était de commencer par décrire l'expérience avant de chercher à en expliquer les mécanismes sous-jacents. J'ai dû abandonner la partie descriptive pour différentes raisons, notamment le manque d'espace (de rédaction) et de temps. Je m'excuse par avance auprès des lecteurs qui pourraient me reprocher d'appuyer souvent mon propos sur des exemples imaginaires.

Je souhaite aussi mentionner certaines limites de mon travail de recherche. D'abord, je ne crois pas que ma maîtrise de la théorie des processus prédictif, sur la quelle mon mémoire repose en grande partie, soit complète et sans faille. Ensuite, je dois reconnaître que la théorie des processus prédictifs, ainsi que les développements que je propose en m'appuyant sur elle, comportent chacun une part de spéculation.

TABLE DES MATIÈRES

REMERCIEMENTS.....	ii
AVANT-PROPOS.....	v
LISTE DES FIGURES.....	ix
LISTE DES ABRÉVIATIONS, SIGLES ET ACRONYMES.....	x
RÉSUMÉ.....	xi
INTRODUCTION.....	1
CHAPITRE I LA THÉORIE DE L'EXPERTISE D'HUBERT DREYFUS ET SES CRITIQUES.....	8
1.1. L'expert (stade 5) dans le modèle des Dreyfus.....	8
1.2. L'expert dreyfusien, un zombie non conscient?.....	11
1.2.1. Corps physique et corps phénoménal.....	14
1.2.2. Performance experte et conscience dans la théorie de Dreyfus.....	21
1.3. La confusion de l'expertise avec l'habitude quotidienne.....	32
1.4. Une définition plus restrictive de l'expertise.....	36
1.5. Conclusion.....	49
CHAPITRE II L'INTENTIONNALITÉ MOTRICE AU NIVEAU SUBPERSONNEL D'ANALYSE.....	52
2.1. Introduction.....	52
2.2. La théorie des modèles internes.....	53
2.3. La théorie des systèmes dynamiques.....	62
2.4. La théorie des processus prédictifs.....	71

2.4.1.	Introduction.....	71
2.4.2.	Le bayésianisme en sciences cognitives	75
2.4.3.	L'implémentation de l'inférence bayésienne dans la théorie des processus prédictifs	80
2.4.4.	Le contrôle moteur dans la théorie des processus prédictifs.....	83
2.5.	Conclusion	95
CHAPITRE III LA DYNAMIQUE DU CONTRÔLE MOTEUR ET LES RÔLES DE LA CONSCIENCE		98
3.1.	Introduction.....	98
3.2.	Un modèle de la dynamique du contrôle moteur dans les actions difficiles pour l'agent.....	100
3.3.	Le modèle de Lewis et Todd et la théorie des processus prédictifs	107
3.4.	Retour à la question du rôle de la conscience dans le contrôle moteur.....	121
CONCLUSION.....		156
RÉFÉRENCES		156

LISTE DES FIGURES

Figure	Page
2.1 Probabilité préalable dans la lecture	80
2.2 Unité neuronale	82

LISTE DES ABRÉVIATIONS, SIGLES ET ACRONYMES

CEN	central executive network
DMN	default mode network
EEG	électroencéphalogramme
ERN	error-related negativity
ERPs	event-related potentials
GPS	géolocalisation par satellite (par extension : système de guidage basé sur la –)
$P(A)$	probabilité de A
$P(A B)$	probabilité conditionnelle de A étant donné B
Pe	error-positivity
SN	saliency network

RÉSUMÉ

Dans ce mémoire, je cherche à déterminer quel est le rôle de la conscience dans la performance motrice experte. À partir d'une analyse critique de la théorie de l'expertise d'Hubert Dreyfus, je soutiens, comme d'autres avant moi, que, pour comprendre le contrôle moteur, il est important de dépasser la dichotomie entre contrôle automatique (non conscient) et contrôle conscient réfléchi. Je soutiens qu'une telle compréhension exige une distinction claire entre performance experte et habitude quotidienne. En m'appuyant sur la théorie des processus prédictifs et sur un modèle des dynamiques de l'action, je propose de concevoir la gamme des processus qui constituent le contrôle moteur comme un continuum comprenant différents degrés de contrôle conscient pré-réfléchi entre contrôle automatique et contrôle conscient réfléchi. Je propose aussi de concevoir le contrôle moteur comme une dynamique mettant en jeu, à tout moment, des processus pouvant être situés à différents endroits de ce continuum. Je présente le degré le plus automatique du contrôle moteur (lorsque le déroulement de l'action ne rencontre que des obstructions mineures) comme un vaste ensemble de prédictions proprioceptives dont la distribution de probabilité dépend d'un modèle génératif (des probabilités préalables). Ce modèle s'ajuste en fonction de signaux d'erreur de prédiction provenant de la confrontation entre les prédictions et les signaux reçus des récepteurs sensoriels, signaux d'erreurs qui sont pondérés par la précision attendue (prédite) des prédictions. Conçu ainsi, le contrôle moteur le plus automatique apparaît comme étant basé sur l'expérience proprioceptive de l'agent et fortement contraint par les connaissances de l'agent (les probabilités préalables) et le type de contexte (prédictions de précision). La conscience se limite alors à une expérience corporelle pré-réfléchie, basée sur les prédictions proprioceptives, et son rôle peut être marginal. Mais, je soutiens que le rôle de la conscience corporelle pré-réfléchie devient déterminant dans la sélection des actions lorsque le déroulement de l'action rencontre des obstructions plus importantes, et que, à partir d'un certain niveau d'obstruction, une conscience corporelle réfléchie (qui peut être encore holistique ou devenir analytique) peut contribuer à la sélection des actions. Enfin, je conclus qu'étant donné que, contrairement à l'habitude quotidienne, la performance experte implique des actions difficiles même pour un expert, la conscience corporelle pré-réfléchie y joue probablement toujours un rôle important et que des actes cognitifs conscients et réfléchis peuvent aussi contribuer à certaines performances expertes, surtout s'ils sont fortement incarnés, c'est-à-dire s'ils conservent des liens de contraintes réciproques avec les prédictions proprioceptives.

Mots clés : expertise, contrôle moteur, conscience, processus prédictifs, pré-réfléchi.

INTRODUCTION

Dans ce mémoire je m'intéresse à l'expertise motrice, et notamment au rôle qu'y joue la conscience. Comprendre l'être humain est un des enjeux principaux, sinon l'enjeu principal, de la philosophie. L'expertise¹ est un aspect du potentiel de l'humain qui demeure énigmatique. En outre, il semble possible d'établir une relation entre les savoir-faire qui constituent une expertise et les savoir-faire que nous mettons en œuvre dans nos activités quotidiennes. Cependant, cette relation n'est pas encore clairement comprise. En comprenant mieux ce qu'est l'expertise, nous pourrions aussi mieux comprendre nos comportements quotidiens. Ainsi, l'enjeu philosophique d'une recherche sur l'expertise est non seulement de comprendre ce que l'être humain peut potentiellement devenir dans certains cas exceptionnels, mais aussi de contribuer à éclairer ce que tout être humain est fondamentalement, dans son agir quotidien.

Étudier l'action motrice en soi comporte aussi des enjeux philosophiques. Un de ces enjeux réside dans la notion de représentation « orientée-action » (proposée par Andy

¹Dans le langage courant, « expert » a plusieurs sens dont les deux principaux sont 1) « personne qui a, par l'expérience, par la pratique, acquis une grande habileté » et 2) « personne choisie pour ses connaissances techniques et chargée de faire des examens, des constatations, des évaluations à propos d'un fait, d'un sujet précis » (voir « Expert » Dans Le nouveau Petit Robert de la langue française, 2008). Dans le domaine du sport, par exemple, le sens 1) qualifie un athlète, et le sens 2) s'applique à un analyste, un commentateur. C'est au sens 1) que nous nous intéressons dans ce mémoire. (Dans le cas des activités motrices, ces deux sens se distinguent clairement. Mais la distinction pourrait être plus floue dans des domaines où *savoir* et *savoir-faire* se superposent davantage.) Dans un premier temps, nous nous contenterons de la définition courante qui vient d'être proposée. Mais dès la fin du premier chapitre, nous aurons besoin d'adopter une définition plus précise. Nous verrons alors que différentes conceptions de l'expertise ont cours dans la littérature spécialisée. Quelle que soit la définition qu'on adopte, l'expertise appartient au potentiel de l'humain, dans le sens où elle implique une transformation de l'individu, et dans le sens où la limite supérieure de l'expertise (dans tous les domaines) est sans cesse repoussée par l'espèce humaine. Et elle est énigmatique, dans le sens où la question de son essence reste ouverte, et dans le sens où les moyens de la développer font débat.

Clark, 1997) que j'introduirai dans le chapitre II. Paul Cisek (2007) soutient que l'existence de représentations de ce type permet de remettre en question la pertinence de la division classique des fonctions cognitives en « perception », « cognition », et « action ». Le neuroscientifique montréalais propose une hypothèse alternative selon laquelle la fonction principale du cerveau serait de servir un comportement écologiquement adapté (*adaptive behavior*), ce qui impliquerait, selon lui, deux classes de processus : la spécification et la sélection de l'action. Dans la même veine, plusieurs auteurs, dont Lisa Feldman Barrett (2017b, p. 7), soutiennent que, dans la cognition, le sens (*meaning*) ne déclenche pas l'action mais plutôt résulte de cette dernière. Autrement dit, notre cerveau commencerait par simuler des possibilités d'action, et ce serait ces possibilités simulées qui donneraient du sens aux objets et situations. Si cette hypothèse s'avérait (ce que notre réflexion ici ne suffira malheureusement pas à faire), cela signifierait que notre travail ne porte pas seulement sur une des fonctions de la cognition en général (une fonction qui serait de surcroît subordonnée aux autres fonctions : perception et cognition « à proprement parler »), mais sur la fonction principale du cerveau et ses mécanismes centraux.

Mon principal objectif est de caractériser le rôle de la conscience dans la réalisation d'une performance experte. Pour cette raison, je prends appui sur des études de type phénoménologique, parce que la phénoménologie vise à étudier l'expérience telle qu'elle est vécue, c'est-à-dire à partir d'un point de vue en première ou deuxième personne (voir plus bas) qui peut compléter les points de vue en troisième personne offerts par des sciences comme la psychologie expérimentale ou les neurosciences. Par exemple, la manipulation de tâches proposées en laboratoire à des experts et à des non experts permet de caractériser la tolérance d'une habileté experte à l'effectuation simultanée de tâches concurrentes (*multitask tolerance*). Mais ce type d'expérimentation ne permet pas de savoir ce qui se déroule dans la conscience de l'expert, et dans celle du novice, lorsque l'un réussit à effectuer les tâches multiples et pas l'autre. On peut en savoir un peu plus en recueillant les rapports verbaux des

participants. Au moyen de questionnaires on peut, par exemple, demander aux participants quel niveau d'attention ils portent à l'exécution de l'habileté testée. Mais un tel questionnement pose plusieurs problèmes : le plus important étant qu'il présuppose que le participant connaît immédiatement la réponse à de telles questions. Cela est loin d'être évident, notamment parce que, comme nous allons le voir, une performance experte peut comporter des aspects pré-réfléchis² qui, par définition, ne peuvent pas être immédiatement verbalisés. Différentes tentatives ont été produites au sein du mouvement phénoménologique dans le but d'étudier avec précision l'expérience vécue, incluant ses aspects pré-réfléchis, tout en évitant le type de présupposition que nous venons de voir. Je m'appuierai donc sur des textes appartenant à la littérature phénoménologique, notamment celle qui s'intéresse à l'expertise. Dans les développements du mémoire apparaîtra l'importance de décrire des dynamiques mettant en jeu des processus aux niveaux subpersonnel et personnel plutôt que de s'en tenir à un seul de ces niveaux d'analyse³.

Sur le plan heuristique, affiner la description d'un phénomène au niveau personnel peut conduire à redéfinir les projets de recherche en neuroscience; et vice versa, des découvertes au niveau subpersonnel d'analyse peuvent inciter à effectuer des discriminations plus fines dans les analyses de niveau personnel. Ainsi, dans le chapitre I, nous allons rencontrer une tension entre des interprétations d'expériences de niveau personnel en partie contradictoires. Cette tension sera résolue grâce à l'étude des mécanismes de niveau subpersonnel qui soutiennent la sélection des actions. En mettant en lumière des nuances dans ces mécanismes, nous comprendrons pourquoi il peut exister aussi des nuances au niveau personnel.

² L'idée, présupposée ici, selon laquelle l'action, et en particulier l'action experte, peut être en partie vécue sur un mode de conscience pré-réfléchi, sera abondamment étayée dans la suite de ce mémoire.

³ Daniel Dennett (1986, p. 93) distingue le « niveau des gens et de leurs sensations et activités » (le niveau personnel) du « niveau subpersonnel des cerveaux et des événements dans le système nerveux ».

Parler de « dynamiques de processus de niveaux subpersonnel et personnel », comme je le fais, peut suggérer qu'il existe une différence sur le plan ontologique entre ces niveaux. Discuter cette question n'est pas l'objet de ce mémoire, mais je me dois de préciser la position que je prendrai pour acquise. Inscrivant ma réflexion à l'intérieur du matérialisme, je ne suggère pas une différence de nature, de type dualiste, entre les processus de niveaux personnel et subpersonnel. Autrement dit, je crois que les processus de niveau personnel sont compréhensibles en termes de processus de niveau subpersonnel, à condition de les considérer de manière dynamique et d'y inclure le corps et l'environnement. Mais je crois qu'il existe une différence d'*ordre*; les processus de niveau personnel émergent de processus de niveau subpersonnel. En outre, si certains processus appartiennent clairement au niveau personnel et d'autres clairement au niveau subpersonnel, certains processus, dont la phénoménologie pourrait être qualifiée de « floue », sont plus difficiles à classer dans l'une ou l'autre catégorie. Nous verrons que c'est par exemple le cas de la sélection des affordances. Ainsi, je ne crois pas qu'il existe de frontière nette entre le personnel et le subpersonnel (voir aussi Proust et Pacherie, 2008).

La psychologie populaire véhicule deux idées à première vue antagonistes à propos des états de conscience qui seraient caractéristiques de la performance experte. On entend parfois dire que pour produire une performance optimale il faudrait, que l'on soit expert ou non, « ne penser à rien » et « laisser notre corps agir, en pilote automatique »⁴. D'un autre côté, certains soutiennent que les experts contrôlent consciemment le moindre détail de leurs performances⁵. Est-ce qu'une étude approfondie de l'expertise confirme

⁴ Cette croyance populaire, que Barbara Montero (2016) nomme, selon la formule courante, le « just-do-it principle », a aussi des appuis dans la littérature académique, notamment dans la philosophie d'Hubert Dreyfus.

⁵ Cette conception, que Christensen *et al.* (2016) nomment « *Full cognitive* », n'a peut-être plus le support d'aucun chercheur contemporain. La position d'Ericsson (2006, 2008) est une de celles qui s'en approche le plus. En effet, s'il reconnaît que certains processus s'automatisent dans l'expertise, il suggère toutefois que l'expert devrait résister à l'automatisation (voir 2006, p. 685). Par ailleurs, durant les quatorze années où j'ai été entraîneur de natation, j'ai observé à de nombreuses occasions des

l'une de ces « théories » au détriment de l'autre? Ou bien, peut-on réinterpréter chacune de ces idées de manière à les réconcilier? Et si être « sur le pilote automatique » impliquait toujours une forme de conscience? Et si contrôler sa performance en détail c'était avoir prise sur le pilote automatique⁶?

S'il y a une conclusion à laquelle nous allons parvenir qui semble vraie de manière certaine et définitive c'est qu'aucun principe général ne saisit toutes les facettes de l'expertise. Ou, comme je le formulerai dans la conclusion : aucune formule courte ne peut caractériser *tous* les processus qui se produisent dans *tous* les moments, de *toute* performance, pour *tout* expert, dans *toutes* les activités. Il me semble important de mentionner dès maintenant cette conclusion afin d'éviter de créer chez le lecteur des attentes qui seraient inévitablement déçues, et également pour éviter des interprétations malheureuses de certains passages de ce mémoire.

Dans le chapitre I, j'analyserai la théorie de l'expertise d'Hubert Dreyfus et les deux principales critiques qui sont adressées à cette théorie, à savoir l'idée que la théorie de Dreyfus s'inscrirait dans une dichotomie du corps et de la conscience, d'une part, et d'autre part l'idée que Dreyfus confondrait l'habitude quotidienne et la performance experte. Plusieurs auteurs contemporains dans le débat sur l'expertise donnent une place importante à la théorie de l'expertise d'Hubert Dreyfus dans leurs travaux, que ce soit pour la reprendre et l'améliorer (par exemple Bergamin, 2016; Rietveld, 2008) ou pour la critiquer et s'en démarquer (par exemple Breivik, 2007, 2013; Montero 2010; Sutton *et al.*, 2011; Toner *et al.*, 2014); c'est pourquoi la théorie de Dreyfus

pratiques de mes collègues qui semblaient présupposer implicitement une conception de type *Full cognitive* (par exemple, décrire en détail à un nageur, juste avant une course, une série de mouvements à effectuer).

⁶ Au moment où je commençais la rédaction de ce mémoire, un groupe de chercheurs australiens (Christensen *et al.*, 2016) présentait un modèle de l'expertise motrice, appelé « *Mesh control* », largement compatible avec les conclusions auxquelles je suis parvenu par une voie différente. Je présenterai ce modèle au chapitre III.

m'apparaît comme un bon point de départ pour une réflexion sur l'expertise motrice. Dans ce chapitre, je soutiens que Dreyfus a raison de soutenir que « l'intentionnalité motrice » est non seulement la base de l'habitude quotidienne mais aussi celle de la performance motrice experte⁷. Mais, contrairement à Dreyfus, je propose également d'appliquer clairement la notion de « conscience pré-réfléchie » à la phénoménologie impliquée par ce mode d'activité⁸. Dreyfus ne le fait pas, et cela donne lieu à des ambiguïtés qui conduisent certains à voir une dichotomie du corps et de la conscience dans sa théorie.

Dans le chapitre II, nous nous intéresserons aux processus de niveau subpersonnel qui fondent l'intentionnalité motrice. Je présenterai successivement les approches de la motricité par les théories des modèles internes, les théories des systèmes dynamiques puis les théories des processus prédictifs. Les théories des modèles internes et celles des systèmes dynamiques ont longtemps été les deux principales approches pour expliquer la motricité (Berthoz 1997). Les théories des modèles internes tiennent

⁷ La notion d'intentionnalité motrice, proposée par le philosophe Maurice Merleau-Ponty, ne se laisse pas aisément définir. Cependant, j'espère parvenir à donner au lecteur, à travers l'ensemble de ce mémoire, une bonne compréhension de ce que recouvre cette notion. Pour le moment, je me contenterai d'indiquer qu'elle désigne « une anticipation ou une saisie du résultat [de nos mouvements] » qui est « entre le mouvement comme processus en troisième personne et la pensée comme représentation du mouvement » (Merleau-Ponty, 1945, p. 128). Le mot « intentionnalité », qui a ses origines dans la scholastique médiévale, a été réhabilité à la fin du XIX^e siècle par le philosophe Frantz Brentano. Il désigne le pouvoir qu'ont les esprits d'être à propos, de représenter, ou de tenir lieu de choses, propriétés et états de choses (voir Jacob, 2014). Le fondateur de la Phénoménologie, Edmund Husserl, qui a été l'étudiant de Brentano, a commencé à élargir la notion d'intentionnalité en distinguant l'intentionnalité d'acte (qui correspond en gros à l'intentionnalité de Brentano) et l'intentionnalité opérante (qui conserve l'idée de direction ou de visée mais sans l'idée de représentation – du moins de représentation de type propositionnelle). La notion d'intentionnalité motrice de Merleau-Ponty est basée sur celle d'intentionnalité opérante (voir Merleau-Ponty, 1945, p. xiii).

⁸ La notion de *conscience pré-réfléchie* est une autre notion qu'il est difficile de définir en quelques lignes. Nous pourrions dire, suivant Lewis et Todd (2005, p. 4), que dans ce mode de conscience nous ressentons consciemment les choses sans y accéder cognitivement, sans avoir une conscience explicite que nous sommes en train d'avoir ce ressenti. Claire Petitmengin (2010, p. 165) définit l'expérience pré-réfléchie comme « la part de notre expérience qui est vécue sans être reconnue, sans être immédiatement accessible à la conscience et à la description verbale. C'est la part de notre expérience qui est ordinairement oblitérée par l'absorption de notre attention dans le contenu, l'objet de notre activité ».

compte de l'aspect prédictif du système moteur – c'est-à-dire du fait que le système moteur programme les mouvements en prévision d'événements sensoriels qui ne sont pas encore produits. Les théories des systèmes dynamiques permettent d'expliquer les actes moteurs sans présupposer nécessairement des représentations distinctes de l'état du système moteur, de l'environnement et des mouvements à effectuer. Les théories des systèmes prédictifs combinent les acquis des deux précédentes approches dans un cadre théorique plus large.

Dans le chapitre III, la compréhension du niveau subpersonnel acquise avec le chapitre précédent me permettra d'introduire un modèle (celui de Lewis et Todd, 2005) qui nous conduira à nuancer différents modes d'activité pré-réfléchie, dans lesquels le rôle de la conscience pré-réfléchie peut aller de marginal (au sens de « ayant peu d'influence sur le déroulement automatique de l'action ») à déterminant (*monitoring* pré-réfléchi). De ce fait, les ambiguïtés de la théorie de Dreyfus s'éclairciront alors davantage. Nous distinguerons également différents types d'activité consciente réfléchie.

Nous serons alors en mesure de réexaminer la question du rôle de la conscience dans performance motrice experte. Je conclurai en suggérant des idées pour améliorer le développement de l'expertise motrice, notamment en précisant le rôle que pourraient avoir les processus visant la prise de conscience dans le développement de l'expertise.

CHAPITRE I

LA THÉORIE DE L'EXPERTISE D'HUBERT DREYFUS ET SES CRITIQUES

1.1. L'expert (stade 5) dans le modèle des Dreyfus

Prenons pour point de départ la théorie de l'expertise d'Hubert Dreyfus qui, comme je l'ai mentionné, tient une place importante dans le débat contemporain sur l'expertise. Dans leur livre *Mind over Machine* publié en 1986, Hubert et Stuart Dreyfus mettent radicalement en question les fondements du paradigme dominant à l'époque en théorie de l'intelligence artificielle : le paradigme « cognitiviste ». L'approche cognitiviste est basée sur l'idée que l'intelligence sur laquelle repose l'expertise humaine consiste à manipuler de l'information, à propos « du monde » et de ses « états », représentée à l'intérieur d'un système cognitif par des symboles. Dans ce paradigme, devenir expert c'est accumuler de plus en plus d'information et de règles concernant la manipulation de cette information. Avec l'apprentissage se forment des *chunks* qui représentent la combinaison de plusieurs éléments (*items*) (Laird *et al.*, 1986). Les Dreyfus opposent à cette approche un modèle de l'acquisition des habiletés constitué de cinq stades. Dans le modèle des Dreyfus, le fonctionnement du novice (stade 1) est largement compatible avec l'approche cognitiviste : le novice suit des règles pour agir sur des éléments séparés les uns des autres. Mais, de stade en stade, les règles sont de moins en moins importantes et le contexte est de plus en plus pris en compte dans sa globalité, de sorte que l'expert (stade 5) sait ce qui doit être fait grâce à un savoir pratique et sans délibération consciente (cf. Dreyfus et Dreyfus, 1986, p. 30). Hubert Dreyfus a, par la suite, développé la théorie de l'expertise dont les bases constituent le stade 5 du modèle

de l'acquisition des habiletés. C'est à cette théorie que je vais m'intéresser dans ce chapitre, et plus particulièrement à son application aux activités spécifiquement motrices. C'est pour cette raison que je parlerai de « la théorie de l'expertise motrice d'Hubert Dreyfus » même si l'essentiel de cette théorie était déjà contenu dans le modèle de l'acquisition des habiletés d'Hubert et Stuart Dreyfus.

Le stade 5 du modèle d'Hubert et Stuart Dreyfus décrit le fonctionnement expert sans faire appel à des règles, et pas même à des intentions. L'expert, par exemple le conducteur automobile⁹, « not only knows by feel and familiarity when an action such as slowing is required, but he generally knows how to perform the act without evaluating and comparing alternatives » (Dreyfus et Dreyfus, 2014a, p. 35). L'expert voit intuitivement que faire sans appliquer de règle ou faire de jugement du tout. Ce qui doit être fait est simplement fait. Les Dreyfus appuient ces affirmations sur l'observation, entre autres, qu'un maître au jeu d'échec a pu tenir tête à un joueur légèrement moins expert que lui dans une partie d'échec jouée à la vitesse de un coup par cinq secondes, tout en additionnant des nombres qui lui étaient présentés à la vitesse d'un nombre par seconde (Dreyfus et Dreyfus, 2014b, p. 188).

Hubert Dreyfus (2014a, p. 240) soutient qu'une fois qu'un expert a appris à faire face (*cope*) à la situation avec succès, à chaque étape d'une activité séquentielle dirigée vers un but, deux cas de figures sont possibles. Dans le premier cas, l'expert *sent* qu'il fait aussi bien que possible à chaque étape. Cela correspond à ce que Merleau-Ponty appelle *avoir une prise maximale sur notre situation*. Dreyfus, suivant Merleau-Ponty, emploie la notion de *gestalt*, empruntée à l'école de la psychologie de la forme ou Gestalt-théorie, pour expliquer le sentiment de prise maximale¹⁰. Dans le deuxième cas,

⁹ Nous verrons dans la section 1.3 que fonder une théorie de l'expertise supposée expliquer les performances d'experts tels que des athlètes olympiques sur une analyse des habitudes quotidiennes comme la conduite automobile routinière n'est pas sans poser problème.

¹⁰ La Gestalt-théorie définit les *gestalts* (ou formes) comme des ensembles structurés qui ne peuvent pas être décomposés en éléments et qui constituent les données premières de la psychologie (définition basée

l'expert *sent* une tension qui lui indique qu'il est en train de dévier de la gestalt optimale et il se sent attiré vers l'effectuation d'un mouvement qui, basé sur les apprentissages du passé, semble susceptible d'entraîner une tension moindre; autrement dit, il effectue un mouvement en direction de la prise maximale. Dreyfus soutient que, dans les deux cas, la gestalt en question n'a pas besoin d'être représentée dans notre cerveau ou dans notre esprit. Dreyfus voit là une raison pour affirmer que l'adaptation habile (*skillful coping*) ne nécessite aucune représentation d'un but. Elle peut avoir une finalité (*be purposive*) sans que l'agent entretienne un but (voir Dreyfus, 2014a, p. 241).

Pour expliquer comment un expert voit intuitivement quoi faire pour réduire la tension sentie dans une situation, Hubert Dreyfus fait appel à la notion d'*affordance* que le psychologue américain James Gibson a élaborée en s'appuyant sur la théorie de la gestalt¹¹. La notion d'*affordance*, telle qu'employée par Dreyfus, désigne le fait que, par exemple, la nourriture offre la possibilité de (*affords*) manger, les portes ouvertes offrent la possibilité d'entrer ou sortir, le sol offre la possibilité de marcher, etc. Dreyfus attribue à Charles Taylor le mérite d'avoir établi clairement que répondre aux *affordances* ne nécessite pas de les remarquer comme telles (Dreyfus, 2014b, p. 116).

La théorie de l'expertise de Dreyfus comporte l'immense mérite de permettre de penser l'expertise autrement que comme une séquence d'éléments contrôlée cognitivement dans le moindre détail, soit par l'esprit conscient, soit par un planificateur central inconscient. Mais cette théorie comporte également des zones floues. Une des

sur la page <http://www.cnrtl.fr/definition/gestalt/substantif>, consultée le 9 avril 2018). Selon le phénoménologue Paul Ricoeur (1949, p. 233), la Gestalt-théorie « met l'accent sur les ressemblances structurales entre les formes perçues globalement et les ensembles moteurs considérés également comme totalités ».

¹¹ Lorsqu'il fait la liste des précurseurs de son approche écologique de la perception (dans laquelle s'inscrit la notion d'*affordance*), Gibson (2015, p. xi) commence par reconnaître sa dette envers les psychologues gestaltistes. Par ailleurs, Dreyfus affirme que « Gibson était influencé par Merleau-Ponty » (Dreyfus, 2014b, p. 116). Il est difficile de déterminer si cette affirmation est fondée, car Gibson ne mentionne jamais Merleau-Ponty dans *The ecological approach to visual perception*. En revanche, Gibson et Merleau-Ponty réfèrent tous les deux explicitement à la Gestalt-théorie.

principales zones floues de la théorie de l'expertise de Dreyfus concerne le rôle donné à la conscience dans l'expertise. En particulier, montrer que « répondre aux affordances ne nécessite pas de les remarquer comme telles » n'est peut-être pas suffisant pour affirmer que les affordances auxquelles répond l'expert doivent toujours être entièrement transparentes. Le reste de ce chapitre vise principalement à éclaircir la position de Dreyfus sur la question du rôle de la conscience dans l'expertise, et à faire un examen critique de cette position. J'effectuerai cet examen en réexaminant deux critiques adressées, dans la littérature, à la théorie de l'expertise de Dreyfus.

1.2. L'expert dreyfusien, un zombie non conscient?

Hubert Dreyfus revendique clairement la filiation de sa théorie de l'expertise motrice avec la philosophie de Maurice Merleau-Ponty. Il est donc surprenant que plusieurs auteurs reprochent à la théorie de l'expertise motrice de Dreyfus de s'inscrire dans une conception que Merleau-Ponty a cherché à éviter à travers toute son œuvre, à savoir « la dichotomie classique du corps et de la conscience » (Merleau-Ponty, 1945, p. 142). Dans la présente section, nous allons examiner cette première critique faite à la théorie de l'expertise de Dreyfus.

Pour Toner *et al.* (2014, p. 14), le modèle de l'expertise des Dreyfus nous entraîne à penser en termes dichotomiques en opposant « *absorbed coping* » et activité consciente :

Unfortunately, many of the theoretical perspectives which have been used to identify the cognitive mechanisms mediating skilled performance (par exemple, Dreyfus and Dreyfus 1986) lead us to think in dichotomous terms by presenting the performer as engaging in either 'conscious, deliberate, self-referential action' or in 'absorbed coping' (Breivik 2007, p. 128).

Sutton, McIlwain, Christensen et Geeves affirment que c'est *le corps seulement* qui prend le dessus dans la conception de l'expertise de Dreyfus. Selon eux, les experts

« resist the kind of automation which Dreyfus ascribes to the highest level of expertise, worrying that trusting *the body alone* to take over will lead to arrested development » (Sutton *et al.*, 2011, p. 95; italique ajouté). On peut remarquer que cette affirmation est peu charitable envers la théorie de Dreyfus : Dreyfus soutient que le corps prend le dessus *dans la performance* de l'expert, pas nécessairement dans tous les moments de son entraînement. Mais, pour la question qui nous intéresse ici, il est plus important encore de se demander ce que signifie précisément « le corps prend le dessus ». En particulier nous pouvons nous demander si cette expression équivaut à dire que « le corps *seulement* prend le dessus ». Autrement dit, la question est de savoir si Dreyfus veut dire que le corps prend le dessus d'une manière qui exclut la conscience, comme le soutiennent Sutton *et al.* (2011). Ces derniers citent Gunnar Breivik qui écrit, à propos de la théorie de la motricité de Dreyfus :

Dreyfus uses Merleau-Ponty to underline the bodily directed nature of our dealing with the world. We have a direct access to the world through a motor intentionality that nonthematically and nonconsciously helps us to navigate in the daily environment (Breivik, 2007, p. 122).

Plus récemment, Breivik exprimait, de manière plus imagée mais non moins radicale, l'opposition entre la performance experte et l'activité consciente dans la théorie de Dreyfus : « The theory of absorbed coping and the idea of being on automatic pilot seem to make the athletes at the elite level almost like zombies » (Breivik, 2013, p. 93).

Ainsi on trouve chez Breivik (2007, 2013), Sutton *et al.* (2011) et Toner *et al.* (2014) une même critique adressée à la théorie de l'expertise d'Hubert Dreyfus selon laquelle cette théorie s'inscrirait dans une dichotomie opposant d'un côté l'activité experte effectuée par le corps seulement et de l'autre côté l'activité consciente. Nous sommes donc en présence de trois affirmations qui ne peuvent être toutes vraies sans contradiction : 1) les critiques affirment que la théorie de Dreyfus reprend la dichotomie du corps et de la conscience; 2) Dreyfus prétend que sa philosophie s'inscrit

dans la lignée de celle de Merleau-Ponty; 3) Merleau-Ponty prétend que sa philosophie dépasse la dichotomie du corps et de la conscience. À chacune de ces affirmations correspond une possibilité de sortir de la contradiction; il s'agit de nier l'affirmation. Nous avons donc les trois possibilités suivantes : 1) les critiques interprètent maladroitement la théorie de Dreyfus; 2) Dreyfus s'écarte de Merleau-Ponty; 3) Merleau-Ponty a manqué à son objectif de dépasser la dichotomie du corps et de la conscience. Ces trois possibilités ne sont pas exclusives l'une de l'autre. Je vais soutenir en partie la possibilité 1) et en partie la possibilité 2). C'est-à-dire que, selon moi, les critiques interprètent maladroitement *une partie* de la théorie de Dreyfus, et Dreyfus s'écarte *par endroits* de la philosophie de Merleau-Ponty. Je pense que la philosophie de Merleau-Ponty dépasse réellement la dichotomie du corps et de la conscience. Cette philosophie n'explique pas *toute* la motricité, et encore moins toute la motricité experte, mais ce qu'elle explique elle l'explique en évitant la dichotomie du corps et de la conscience.

La critique de la dichotomie du corps et de la conscience adressée à Dreyfus est établie en deux mouvements par les auteurs que j'ai cités précédemment. Ces deux mouvements ne sont pas explicitement séparés dans leur argumentaire, mais il est important de les séparer pour distinguer ce qui est *l'illusion* d'une dichotomie (introduite par les critiques dans la théorie de Dreyfus) de ce qui est effectivement une approche dichotomique (due à Dreyfus lui-même). Le premier mouvement consiste à soutenir que dire que « le corps prend le dessus » implique que c'est « le corps seulement » qui effectue la performance experte; le deuxième mouvement montre l'opposition, dans la théorie de Dreyfus, entre performance experte et activité consciente. Afin d'examiner avec précision la critique de la dichotomie du corps et de la conscience adressée à Dreyfus, nous allons examiner l'un après l'autre chacun de ces deux mouvements, dans les deux sous-sections qui suivent.

1.2.1. Corps physique et corps phénoménal

C'est dans le mouvement qui soutient qu'en disant que « le corps prend le dessus » Dreyfus affirmerait que c'est « le corps seulement » qui effectue la performance experte que je vois une interprétation erronée de la théorie de Dreyfus, basée sur une interprétation erronée de la philosophie merleau-pontienne qui constitue l'arrière-plan de sa théorie. Dans la philosophie merleau-pontienne, si le corporel s'oppose à la conscience ce n'est pas à la conscience *tout court*, mais à une conscience conçue comme la conscience pure d'un sujet qui existerait avant notre relation corporelle au monde. Pour Merleau-Ponty il n'y a pas une conscience pure dans un sujet qui recevrait passivement les impressions données par les objets extérieurs (empirisme) ou qui, de l'intérieur, mettrait en forme la réalité extérieure (intellectualisme). Si une conscience pure n'existe pas, qu'est-ce qui existe et a pu donner l'illusion qu'une conscience pure était à l'origine de notre relation au monde? C'est la forme de conscience produite par la réflexion analytique. La réflexion analytique est l'acte cognitif qui nous permet de penser un monde constitué d'objets déterminés par des qualités, et de penser notre corps comme un objet parmi ces objets, un objet « spécial » avec lequel nous, sujets, avons une relation plus directe qu'avec les autres objets, mais néanmoins un objet. Le produit de la réflexion analytique est la pensée objective. Mais, pour Merleau-Ponty, notre relation au monde n'est pas fondée sur la réflexion analytique (ou pensée objective) mais sur ce qu'il appelle « l'intentionnalité motrice ». On peut même dire que « l'intentionnalité motrice » est une autre manière de nommer notre relation primordiale au monde.

Merleau-Ponty définit l'intentionnalité motrice comme un « projet moteur », c'est-à-dire « une anticipation ou une saisie du résultat [de nos mouvements] » qui est « entre le mouvement comme processus en troisième personne et la pensée comme

représentation du mouvement » (Merleau-Ponty, 1945, p. 128)¹². Pour Merleau-Ponty, l'intentionnalité motrice est plus originelle que la pensée objective : « l'initiation cinétique est pour le sujet une manière originale de se référer à un objet au même titre que la perception » (Merleau-Ponty, 1945, p. 128). Et même plus, la possibilité d'une pensée objective est fondée sur l'existence de l'intentionnalité motrice. Par ailleurs, si l'intentionnalité motrice fait essentiellement partie de l'action motrice, cette dernière n'a pas nécessairement besoin de la pensée objective. Autrement dit, pour Merleau-Ponty, l'action motrice ne fait pas nécessairement appel à la forme de conscience qui correspond à une pensée objective, analytique.

En outre, Merleau-Ponty (1945, p. 128) affirme que c'est « le corps lui-même comme puissance motrice » qui assure l'intentionnalité motrice. Mais, encore une fois, la nature corporelle de l'intentionnalité motrice ne s'oppose pas à toute forme de conscience. S'il n'y a pas, chez Merleau-Ponty, de conscience pure avant notre relation corporelle au monde, il n'y a pas non plus de relation corporelle au monde avant notre expérience du monde. Nous *n'inférons pas* notre expérience du monde à partir d'une relation au monde qui serait *purement* corporelle, c'est-à-dire sans aucune forme de conscience. Notre relation corporelle au monde (ou intentionnalité motrice) implique notre expérience du monde (mais ne s'y réduit pas). Et cette expérience du monde est une forme de conscience. Ainsi Merleau-Ponty (1945, p. 128) écrit « tout mouvement

¹² Merleau-Ponty, comme la plupart des phénoménologues (et des philosophes dits « continentaux ») de son époque, donne rarement des définitions complètes des notions qui sont centrales dans sa philosophie. Elles sont plutôt élaborées à longueur d'ouvrage, voire tout au long de l'oeuvre du philosophe, au moyen d'une série de saisies partielles, réalisées à partir d'angles d'approche différents. Rendre compte complètement de la manière dont Merleau-Ponty conçoit l'intentionnalité motrice exigerait donc de reproduire intégralement plusieurs chapitres de la *Phénoménologie de la perception* et d'autres ouvrages du philosophe, ce qui n'est évidemment pas possible ici. Néanmoins, l'ébauche de définition que je viens de citer devra être précisée. Dans la suite de la présente section ainsi que dans la section suivante, je procéderai un peu à la manière de Merleau-Ponty en visant à préciser la phénoménologie de l'intentionnalité motrice. Pour ce faire, je m'appuierai sur des citations du phénoménologue français ainsi que d'autres auteurs. Dans le chapitre II, nous verrons quels mécanismes pourraient supporter l'intentionnalité motrice, au niveau subpersonnel. La théorie à laquelle je ferai appel (théorie des processus prédictif) est particulièrement compatible avec l'idée d'une « anticipation du résultat de nos mouvements », que je viens de mentionner.

est indissolublement mouvement et conscience de mouvement » ou encore « chaque événement moteur ou tactile fait lever à la conscience un foisonnement d'intentions qui vont, du corps comme centre d'action virtuelle, soit vers le corps lui-même, soit vers l'objet » (Merleau-Ponty, 1945, p. 127). Mais cela ne veut pas dire que le corps, l'action, le mouvement, les intentions ou l'objet nous apparaissent comme ils nous apparaissent dans la pensée analytique : complètement déterminés. L'expérience que nous faisons de notre corps en action est « une conscience *non-thétique*, c'est-à-dire [une] conscience qui ne possède pas la pleine détermination de ses objets, celle d'une *logique vécue* qui ne rend pas compte d'elle-même » (Merleau-Ponty, 1945, p. 61). L'expérience motrice, comme l'expérience perceptive dont elle n'est absolument pas séparable, appartient à « la vie irréfléchie de la conscience » (Merleau-Ponty, 1945, p. xi).

Nous savons donc maintenant ce que l'expérience impliquée par l'intentionnalité motrice n'est pas, ou, en tout cas, ce qu'elle n'est pas de manière nécessaire, selon Merleau-Ponty : l'expérience motrice n'est pas (nécessairement) une conscience réfléchie, qui produirait une pensée objective et analytique. Nous devons maintenant chercher à caractériser positivement ce qu'est l'expérience impliquée par l'intentionnalité motrice, à quelle forme de conscience elle correspond. Dans la suite de cette section et dans la suivante, nous chercherons à caractériser la phénoménologie de cette expérience. Dans le chapitre II, je proposerai une explication de niveau subpersonnel de l'intentionnalité motrice. Cette explication nous permettra de nuancer, dans le chapitre III, différents types d'expérience qui peuvent être impliqués par l'intentionnalité motrice, en fonction de différents types de situations. Le passage suivant constitue un bon point de départ dans l'effort pour caractériser phénoménologiquement l'expérience de la motricité :

Le terrain de football [soccer] n'est pas, pour le joueur en action, un « objet », c'est-à-dire le terme idéal qui peut donner lieu à une multiplicité indéfinie de vues

perspectives et rester équivalent sous ses transformations apparentes. Il est parcouru par des lignes de force (les « lignes de touche », celles qui limitent la « surface de réparation »), — articulé en secteurs (par exemple les « trous » entre les adversaires) qui appellent un certain mode d'action, la déclenchent et la portent comme à l'insu du joueur. Le terrain ne lui est pas donné, mais présent comme le terme immanent de ses intentions pratiques ; le joueur fait corps avec lui et sent par exemple la direction du « but » aussi immédiatement que la verticale et l'horizontale de son propre corps¹³. Il ne suffirait pas de dire que la conscience habite ce milieu. Elle n'est rien d'autre à ce moment que la dialectique du milieu et de l'action. Chaque manoeuvre entreprise par le joueur modifie l'aspect du terrain et y tend de nouvelles lignes de force où l'action à son tour s'écoule et se réalise en altérant à nouveau le champ phénoménal (Merleau-Ponty, 1942, p. 222).

Loin de répondre complètement à la question de savoir ce qu'est l'intentionnalité motrice, ce passage montre plutôt la complexité de cette question. Il montre également que Merleau-Ponty cherche bien à éviter une pensée dichotomique qui expliquerait la motricité soit en termes de processus non conscients, soit en termes d'actes cognitifs conscients de manière explicite, soit encore comme une juxtaposition de ces deux types de fonctionnement.

Le philosophe reconnaît bien que des processus non conscients sont en jeu lorsqu'il dit que l'action est déclenchée et portée « comme à l'insu du joueur ». Pour expliquer ces processus, Merleau-Ponty fait parfois appel à la notion de schéma corporel. Shaun Gallagher (2005) écrit que le schéma corporel est « pré-noétique », c'est-à-dire qu'il structure le vécu mais n'est pas vécu lui-même. Cependant il faut ajouter qu'il est le

¹³ L'analogie que fait Merleau-Ponty entre la sensation de la direction du but et celle de la verticale et de l'horizontale du corps permet de souligner l'aspect corporel de la première. Mais nous devons remarquer que cette analogie est exagérée; nous savons désormais que nous disposons d'organes (les capteurs vestibulaires; voir Berthoz, 1997) qui nous informent de l'orientation de notre corps; nous n'en possédons certainement pas pour la direction du but. L'analogie, en même temps qu'elle éclaire la phénoménologie de la sensation de la direction du but, pose aussi l'énigme de savoir comment cette phénoménologie est possible en l'absence d'un organe spécifique (le chapitre II nous fournira des éléments de réponse).

plus souvent (voire toujours, comme semble le suggérer Merleau-Ponty) le fondement d'une expérience; c'est en ce sens que le corps est corps *phénoménal*¹⁴.

Ainsi, la description de Merleau-Ponty fait aussi une place importante à la conscience. Et, la subtilité de cette description réside dans le fait qu'elle ne présente pas d'une part une perception consciente de l'environnement et d'autre part l'action, comme s'il s'agissait de deux moments distincts d'une séquence. Pour Merleau-Ponty, la conscience « n'est rien d'autre à ce moment que la dialectique du milieu et de l'action ». Ainsi, lorsqu'il affirme que l'action est déclenchée et portée comme à l'insu du joueur, cela ne veut pas dire que l'action est complètement en dehors de la sphère de la conscience. Au contraire, l'action est au cœur de la constitution de l'expérience consciente. Dans le passage que nous étudions ici, Merleau-Ponty souligne que l'action physique réellement effectuée (« chaque manœuvre entreprise par le joueur ») transforme l'expérience consciente : elle « modifie l'aspect du terrain », « tend de nouvelles lignes de force » et « altèr[e] le champ phénoménal ». Dans des textes ultérieurs, notamment la *Phénoménologie de la perception*, Merleau-Ponty soutiendra que ce n'est pas seulement l'action réellement effectuée qui participe de la constitution de l'expérience consciente, mais aussi les possibilités d'action. L'idée selon laquelle nous percevons en fonction d'un pouvoir d'agir est exprimée, par exemple, ainsi par Merleau-Ponty :

Je peux donc m'installer, *par le moyen de mon corps comme puissance d'un certain nombre d'actions familières* dans mon entourage comme ensemble de *manipulanda*, sans viser mon corps ni mon entourage comme des objets au sens kantien, c'est-à-dire comme des systèmes de qualités liées par une loi intelligible, comme des entités transparentes, libres de toute adhérence locale ou temporelle

¹⁴ L'extension du concept de « schéma corporel » n'est pas stable à travers la littérature que j'ai étudiée; tantôt l'expression semble référer seulement à ce qui renseigne sur l'état du système moteur à un moment donné, tantôt elle a un sens plus dynamique qui englobe les dispositions à effectuer certaines actions. Je dois reconnaître que mon usage du terme dans ce mémoire reproduit ces ambiguïtés, c'est pourquoi, dans les chapitres II et III, j'adopterai un cadre conceptuel qui ne fait pas appel à cette notion.

et prêtes pour la dénomination ou du moins pour un geste de désignation (Merleau-Ponty, 1945, p. 122; je souligne).

Ce passage contient deux idées importantes : (1) nos dispositions à l'action structurent notre expérience consciente, mais (2) cette expérience n'est pas une conscience objective. Tenir compte de ces idées permet une compréhension plus profonde du passage à propos de l'expérience du joueur de football. En effet, nous comprenons maintenant que les « secteurs », les « lignes de force » et même les « trous entre les adversaires » ne sont pas des composantes objectives de l'environnement (même si, parfois, des structures objectives comme les lignes de touche font partie de leur constitution) mais que l'expérience de ces aspects de la situation dépend des dispositions du joueur. Par exemple, là où un spectateur ou un joueur peu expérimenté voit, entre les adversaires, des trous ayant une grandeur objective, les mêmes trous pourraient apparaître comme des possibilités de passer, ou de projeter le ballon, au joueur qui a acquis certaines dispositions.

Plus tard, James J. Gibson (2015) introduira la notion d' « affordance » pour désigner les possibilités d'actions que nous percevons directement comme telles. La notion de « compétition d'affordances », apparue plus récemment encore dans le domaine des neurosciences computationnelles (voir Cisek, 2007), correspond à l'idée que des réseaux de neurones correspondant à différentes actions sont en permanence partiellement activés¹⁵. Cela signifie que notre corps est en permanence prêt pour effectuer différentes actions qui sont en compétition pour déterminer quelle action va être effectuée. La perception, dans ce cadre théorique, a pour principales fonctions de contribuer à affiner les actions potentielles et de sélectionner quelle action effectuer.

¹⁵ Dans le chapitre II, nous étudierons en détail les dynamiques de réseaux neuronaux qui implémentent la compétition d'affordances.

Ainsi, si nous lisons Dreyfus en pensant à Merleau-Ponty, lorsqu'il écrit « corps » nous devons lire « corps phénoménal ». Mais les auteurs des critiques que nous analysons ici semblent avoir lu « corps physique ». Cette lecture erronée est nécessaire pour penser, lorsque Dreyfus écrit que le corps prend le dessus (« take over »), que cela signifie que c'est le corps seulement, à l'exclusion de la conscience, qui contrôle l'action. Nous avons donc montré que Dreyfus pouvait dire que « le corps prend le dessus dans la performance motrice » sans impliquer, *en disant cela*, un rejet de toute forme de conscience, et qu'au contraire, dans un cadre de référence merleau-pontien, en appeler au « corporel » c'est revenir à la forme de conscience la plus originelle. Le premier des deux mouvements que nous avons identifiés dans l'élaboration de la critique adressée à la théorie de l'expertise motrice de Dreyfus apparaît donc maintenant comme une erreur d'interprétation de cette théorie, une erreur basée sur une négligence du sens donné au terme « corps » par la philosophie merleau-pontienne. En accord avec cette philosophie, il semble possible de dire que, dans l'intentionnalité motrice, le corps (phénoménal) prend le dessus sur la conscience *analytique*, c'est-à-dire la forme de conscience qui raisonne sur des objets séparés et pour laquelle le corps est un objet. Dans la prochaine section, nous chercherons à déterminer dans quelle mesure la théorie de Dreyfus est compatible avec la philosophie de Merleau-Ponty sur ce point.

Par ailleurs, la sous-section qui s'achève pose une question plus fondamentale qui est de savoir si l'intentionnalité motrice implique une conscience *du corps* en action. En effet, nous avons vu que, pour Merleau-Ponty, le corps, par ses dispositions à l'action, structure et contraint l'expérience impliquée par l'intentionnalité motrice. Mais, peut-on dire que le corps en action est visé par la conscience dans l'intentionnalité motrice? Le chapitre III apportera une réponse à cette question.

1.2.2. Performance experte et conscience dans la théorie de Dreyfus

Maintenant intéressons-nous au deuxième mouvement de l'élaboration de la première critique, à savoir que Dreyfus opposerait, en dehors de ses références au corps, la performance experte et l'activité consciente. Trouve-t-on de bonnes raisons de penser que Dreyfus soutient effectivement une telle opposition (ce qui impliquerait une contradiction avec l'interprétation des notions merleau-pontienne d'*intentionnalité motrice* et de *corps* que j'ai présentée dans la section précédente)? Ou bien, est-il permis de penser que cette opposition est aussi une illusion créée par une lecture erronée de Dreyfus?

Dans une réponse à Ted Schatzki¹⁶, Dreyfus (2000, p. 323) soutient que dans certaines activités faisant intervenir un niveau d'habileté très élevé il peut être nécessaire de ne pas être conscient de quoi que ce soit :

I disagree with Ted's claim that "an agent is *always* . . . aware of something" (38, my emphasis). It seems that, for some highly skilled activities, one must necessarily not be aware of anything.

Plus récemment, Dreyfus (2013) réaffirmait cette position :

It may be that there is a mode of mindless absorption so total that the copier doesn't realize anything. This phenomenon of unconscious coping is recognized as the way to maximum performance in sports. In a description of the training of Olympic swimmers Chuck Warner tells us that: "In the ... pyramid of qualities of a champion, ... the individual's ability to turn off the conscious mind and allow the subconscious "automatic pilot" to take over sits at the top. [...]" (p. 38).

¹⁶ En 2000, Mark Wrathall et Jeff Malpas ont publié un ouvrage collectif « en l'honneur de Hubert L. Dreyfus » sur les thèmes de « Heidegger, Coping, and Cognitive Science ». Quinze auteurs discutent du traitement de ces thèmes dans l'œuvre de Dreyfus. Dans le seizième et dernier chapitre Dreyfus répond à plusieurs des contributeurs, dont Schatzki.

Il pourrait sembler que les critiques de Dreyfus aient raison lorsqu'ils affirment que, dans certains cas au moins, Dreyfus exclut radicalement toute conscience de la performance experte. Dans des passages comme ceux que nous venons de voir, Dreyfus semble effectivement revenir à une dichotomie du corps et de la conscience : le corps agirait seul, et l'expert ne serait pas conscient de quoi que ce soit. Ce faisant, Dreyfus s'écarte de Merleau-Ponty pour qui, comme nous l'avons déjà souligné, « tout mouvement est indissolublement mouvement et conscience de mouvement ». Le discours de Dreyfus sur la place de la conscience dans la performance experte est en fait très ambigu puisqu'à d'autres endroits Dreyfus souligne l'aspect expérientiel de la performance experte. Ainsi, dans un article de 2002, on peut lire que le savoir-faire de l'expert est *expérimenté* comme des discriminations de plus en plus fine des situations et réponses :

A phenomenology of skill acquisition confirms that, as one acquires expertise, the acquired know-how is experienced as finer and finer discriminations of situations paired with the appropriate response to each (Dreyfus, 2002, p. 367).

Dans le même article, Dreyfus poursuit la description de ce qu'est l'*expérience* de la performance experte, il précise que l'expert *sent* une tension entre la situation vécue et une relation corps-environnement optimale :

[A]cting is experienced as a steady flow of skillful activity in response to one's sense of the situation. Part of that experience is a sense that when one's situation deviates from some optimal body-environment relationship, one's activity takes one closer to that optimum and thereby relieves the "tension" of the deviation (Dreyfus, 2002, p. 378).

Toujours dans cet article de 2002, Dreyfus reprend la description de l'expérience du joueur de football de Merleau-Ponty que nous avons discutée plus haut et dans laquelle nous avons vu un aspect conscient irréductible. Comment expliquer cette ambiguïté du discours de Dreyfus sur la place de la conscience dans la performance experte? Je vais

proposer une explication basée sur la proposition d'Evan Thompson (2007, p. 315) selon laquelle Dreyfus néglige la dimension pré-réfléchie de la conscience.

Dreyfus termine sa réponse à Ted Schatzki dans Wrathall et Malpas (2000) en résumant ce qu'est sa « thèse la plus forte » à propos de la place de la conscience dans la performance experte, de la manière suivante : « So, my strongest thesis is that neither thematic awareness *nor even nonthematic awareness* is necessary for highly skilled activity » (Dreyfus, 2000, p. 323). À première vue, cette thèse semble nier la nécessité d'une quelconque forme de conscience pour la réalisation d'une performance experte. Dreyfus insiste : non seulement la conscience thématique n'est pas nécessaire pour l'activité experte mais même la conscience non-thématique n'est pas non plus nécessaire. Toutefois, s'il est vrai que l'affirmation de Dreyfus exclut de nombreux processus conscients de ce qui contribue nécessairement à la performance experte, elle n'exclut pas absolument toute forme de conscience. En effet, en employant un modèle des modes de conscience tel que celui proposé par Pierre Vermersch (voir Vermersch 2011 et 2012), il est possible de concevoir une forme de conscience que la thèse forte de Dreyfus n'exclut pas.

Pour ce qui nous importe ici, nous pouvons retenir du modèle de Vermersch trois modes de conscience. Le mode le plus fondamental est celui de la conscience irréfléchie. Nous avons vu que ce mode de conscience est au cœur de la philosophie de Merleau-Ponty. La philosophie de Merleau-Ponty tend vers la description de l'expérience irréfléchie comme vers son but ultime, tout en sachant que ce but ne peut être complètement atteint puisque le discours philosophique nécessite une forme ou une autre de réflexivité qui, par définition, nous écarte de l'irréfléchi. Dans le modèle de Vermersch, l'irréfléchi est aussi appelé « pré-réfléchi » de manière à souligner la

possibilité qu'il implique de donner lieu à un mode de conscience réfléchi¹⁷. L'acte de réfléchissement effectue le passage du pré-réfléchi au réfléchi. Le réfléchissement est donc un acte réflexif mais il doit être distingué de la « réflexion » parce qu'il n'implique pas nécessairement une thématization de ce qui est réfléchi. Le réfléchissement conduit donc, en premier lieu, à un mode de conscience réfléchi non thématique. Ce mode de conscience est encore très concret, corporel. Ce qui est comme revécu dans ce mode de conscience peut ensuite être thématisé pour parvenir à un mode de conscience réfléchi et thématique; ce troisième mode de conscience comporte un niveau d'abstraction plus élevé qui rend possible la réflexion¹⁸.

Dans ce cadre, la thèse forte de Dreyfus pourrait vouloir dire que ni la conscience réfléchie thématique ni la conscience réfléchie non thématique ne sont nécessaires à la performance experte. Comprise ainsi, la thèse forte de Dreyfus ne dit rien à propos du mode de conscience pré-réfléchi. La question devient donc « quelle est la place de la conscience pré-réfléchie dans la théorie de l'expertise motrice de Dreyfus? ». Le chapitre dans lequel Dreyfus énonce sa thèse forte contient également une réponse à John Searle. Une note reliée à cette partie du chapitre est éclairante pour la question qui nous intéresse maintenant. Dans cette note (Dreyfus, 2000, p. 384), Dreyfus reconnaît avoir été trop radical lorsque, dans des écrits antérieurs, il affirmait que l'expert pouvait agir en étant complètement non conscient de ce qu'il est en train de faire. Dreyfus reconnaît à Searle le mérite de lui avoir montré son erreur :

¹⁷ À partir de maintenant j'emploierai l'expression « conscience pré-réfléchie » pour désigner le mode de conscience qui peut aussi être nommé « conscience irréfléchie », « conscience directe » ou « conscience vécue ».

¹⁸ Plusieurs phénoménologues ont proposé des idées assez proches de la distinction entre *réfléchissement* et *réflexion* proposée par Vermersch (par exemple, la distinction entre « réflexion pure » et « réflexion impure » proposée par Sartre (1943, p. 190)).

I did in the distant past hold what Searle rightly called my zombie view, viz., that one could act skillfully while being completely unconscious of what one was doing. I thank Searle for arguing me out of this position.

Dreyfus reconnaît donc qu'il y a nécessairement une certaine forme de conscience dans la performance habile. Ainsi il poursuit :

I see now that, even when stepping on the clutch while shifting gears, I must have a marginal sense that things are going as they should. Otherwise, I can't explain the fact that, if things start to go wrong, my attention is immediately drawn to the problem¹⁹.

Mais Dreyfus reconnaît seulement un rôle « marginal²⁰ » à la conscience pré-réfléchie, qui consiste simplement à observer que « les choses vont comme elles devraient ». On peut dire que la conscience pré-réfléchie a seulement un rôle négatif²¹, ou passif, dans la théorie de Dreyfus : elle ne fait qu'observer une activité qui se déroule sans sa contribution et son seul rôle est de déclencher une prise de conscience réfléchie lorsque

¹⁹ Je suis d'accord avec Dreyfus sur le plan descriptif : une certaine forme de conscience accompagne toujours la performance habile. Cependant, je ne suis pas d'accord avec lui sur le plan explicatif. Dreyfus soutient que si, lorsque les choses vont mal (rupture), notre attention consciente se porte immédiatement sur le problème, il faut nécessairement que nous ayons une prise consciente sur les choses avant la rupture. Cette vision présuppose implicitement l'idée que seul un événement conscient peut entraîner un autre événement conscient. Contre cette vision (qui s'inscrit dans la « dichotomie du corps et de la conscience »), je crois que l'attention peut être dirigée dans une certaine direction (par exemple en direction d'un problème dans notre action) par des processus de niveau subpersonnel. Ces processus et ce vers quoi l'attention est redirigée peuvent d'abord être non conscients. Il se peut aussi qu'émerge une conscience de ce vers quoi l'attention est alors dirigée. Dans ce cas, un état conscient a émergé à partir de processus subpersonnels non conscients. Nous étudierons en détail un tel cas dans le chapitre III.

²⁰ Le terme « marginal » est parfois employé pour désigner ce qui est conscient sans être le focus de l'attention; dans ce sens, « marginal » peut être considéré comme synonyme de « pré-réfléchi » et n'implique rien sur le plan normatif. Mais Dreyfus emploie ici « marginal » pour dire que la conscience est non seulement pré-réfléchie mais aussi non nécessaire au déroulement normal de l'activité, qu'elle n'a pas de rôle causal, sauf en cas de rupture.

²¹ Le terme « négatif » a ici un sens logique : il signifie que le rôle de la conscience, selon Dreyfus, est de *défaire* des organisations motrices et non de les *faire* (ce qui serait un rôle positif). Le terme « négatif » n'a pas ici un sens normatif (qui signifierait que la conscience est mauvaise pour l'action). La fonction que Dreyfus attribue ici à la conscience correspond à la conscience de monitoring (*monitoring consciousness*) définie par Ned Block (1995).

« les choses commencent à aller mal ». Je crois que ce rôle marginal pourrait correspondre à certaines actions très routinières de notre quotidien. Mais je crois aussi qu'il existe des situations dans lesquelles, en l'absence d'une conscience réfléchie de l'action, la conscience pré-réfléchie joue un rôle plus important que le rôle marginal qui vient d'être décrit. Je crois aussi que c'est ce que Merleau-Ponty voulait montrer en proposant des descriptions comme celle de l'expérience du joueur de football, que nous avons discutée plus haut. Dreyfus, dans un texte écrit en collaboration avec Sean Kelly, reconnaît que, pour Merleau-Ponty, l'expérience vécue joue un rôle essentiel dans la motricité :

But, if Merleau-Ponty is right, the experience of chasing the streetcar does not leave the mind empty. It essentially involves a felt solicitation to act in a certain way with respect to the streetcar (Dreyfus et Kelly, 2007, p. 9).

Dans le chapitre III, nous nous intéresserons à un modèle de l'activité motrice (celui de Lewis et Todd (2005)) qui permet de dépasser les tensions entre ces différentes descriptions en distinguant différents niveaux d'implication de la conscience pré-réfléchie dans l'activité motrice. Ainsi le rôle de la conscience pré-réfléchie pourrait, selon les situations, aller de marginal à crucial.

Il semble y avoir, à partir de 2000, une évolution dans la théorie de l'expertise motrice de Dreyfus, faisant une place de plus en plus grande au type de phénoménologie que nous appelons « conscience pré-réfléchie ». Mais Dreyfus n'attribue pas le terme « conscience » à ce vécu corporel; il ne parle pas de « conscience pré-réfléchie ». Chez Dreyfus, le terme « conscience » est réservé à ce qui est réfléchi (thématisé ou non). C'est ce qui explique qu'en 2013, Dreyfus, comme nous l'avons vu plus haut, soutient encore que, dans certaines performances, les experts sont « inconscients ». Par reconstitution, on peut comprendre que ce que Dreyfus veut dire c'est que, dans ces situations, les experts sont « inconscients » (Dreyfus, 2013) mais pas « *completely* inconscients » (voir Dreyfus, 2000; je souligne). En établissant cette nuance nous

évitons une contradiction entre les différents textes de Dreyfus; mais cela n'enlève rien au caractère hautement ambigu du discours de Dreyfus sur la conscience. Il me semble que Dreyfus aurait gagné en clarté s'il avait admis le terme « conscience pré-réfléchie » pour qualifier le vécu corporel immédiat. Établir une distinction conceptuelle claire entre conscience réfléchie et conscience pré-réfléchie permet de concevoir que la conscience (pré-réfléchie) puisse jouer un rôle essentiel dans la performance experte même lorsqu'il y a absence totale de conscience réfléchie. En adoptant ce cadre conceptuel, la description de la performance des nageurs olympiques reprise par Dreyfus (2013, p. 38) dans le texte de 2013 cité plus haut peut être réinterprétée de la manière suivante. Ce que les nageurs rapportent, par l'intermédiaire de Chuck Warner, c'est l'absence de contenus de conscience réfléchis durant leur performance. Les nageurs lorsqu'ils décrivent leurs expériences, ou Warner lorsqu'il interprète leurs descriptions, confondent cette absence de conscience réfléchie avec une absence totale de conscience, ils emploient, de manière imprécise, le terme « inconscient » pour désigner l'absence de contenus de conscience réfléchis dans leur expérience. Mais il y a des raisons de penser qu'ils font nécessairement une certaine expérience de leur performance.

Dreyfus parle parfois de « flow » pour désigner l'état d'absorption dans sa tâche qui caractérise l'expert lorsqu'il réalise une performance. Il affirme que cet état d'absorption « est reconnu comme la voie vers la performance maximale dans les sports » (2013, p. 38). Le terme « flow » réfère-t-il à un état non conscient ou à un état conscient (pré-réfléchi)? Il est difficile de trouver chez Dreyfus une réponse explicite à cette question. Nous pouvons donc nous tourner vers l'origine de la notion de flow, introduite par Mihaly Csikszentmihalyi (1975) pour désigner l'« expérience optimale » dans laquelle la personne est « totalement absorbée » (Hunter et Csikszentmihalyi, 2000, p. 12). Comme Dreyfus, Jackson et Csikszentmihalyi (1999, p. 13) soutiennent que « le flow est important pour ceux qui recherchent un sommet de performance ». Csikszentmihalyi et ses collaborateurs rapportent notamment de

nombreuses expériences de flow vécues par des athlètes. Une des caractéristiques de ces expériences est l'absence d'un soi distinct et la « fusion de l'action et de la conscience » (Hunter et Csikszentmihalyi, 2000, p. 12). Par exemple, un nageur rapporte : « I've sort of felt one with the water and my stroke and everything » (Jackson et Csikszentmihalyi, 1999, p. 4). Pour un cycliste, « in flow there is no longer 'me and the bike', rather these distinctions become collapsed into a unified sensation of motion» (Hunter et Csikszentmihalyi, 2000, p.14). Ainsi, Csikszentmihalyi montre, comme Dreyfus, et en accord avec la théorie de l'intentionnalité motrice de Merleau-Ponty, que la performance experte optimale n'est pas caractérisée par la présence d'une pensée analytique centrée autour d'un soi déterminé. Cependant, Csikszentmihalyi et ses collaborateurs ont mis en évidence des niveaux très élevés de contrôle et de plaisir dans les expériences de flow qu'ils ont étudiées : « Flow is a state of experience where a person, totally absorbed, feels tremendous amounts of exhilaration, control, and enjoyment » (Hunter et Csikszentmihalyi, 2000, p. 12). Csikszentmihalyi et ses collaborateurs rapportent de très nombreux témoignages d'experts soutenant la présence généralisée des sentiments de contrôle et de plaisir intenses dans l'expérience du flow. Même sans se rapporter à ces témoignages, je crois qu'il est difficile de douter que ces caractéristiques soient effectivement généralement présentes dans la performance experte. Et ces sentiments de contrôle et de plaisir semblent difficilement compatibles avec une absence totale de conscience. Chez Csikszentmihalyi, le *flow* n'est donc pas caractérisé par une absence totale de conscience mais plutôt par l'absence d'une conscience réfléchie *et* la présence d'une conscience pré-réfléchie et corporelle. Il est difficile de savoir si Dreyfus emploie le terme « flow » dans le même sens que Csikszentmihalyi puisque, sauf omission de ma part, il ne réfère jamais à cet auteur. Néanmoins, l'emploi de ce terme ainsi que l'idée d'« absorption dans la tâche » peuvent être compatibles avec la présence d'une certaine forme de conscience (corporelle et pré-réfléchie).

L'ambiguïté dans le discours de Dreyfus sur la place de la conscience dans la performance motrice experte semble donc reposer, comme le suggère Evan Thompson (2007, p. 315), sur le cadre dichotomique dans lequel Dreyfus s'exprime parfois. Dreyfus induit parfois à penser qu'il y aurait seulement deux possibilités radicalement opposées : soit présence d'une conscience conçue comme une conscience réfléchie, soit absence totale de conscience. Une telle pensée est en contradiction avec la conception du corps que Dreyfus emprunte à Merleau-Ponty, et nous avons vu que ce n'est pas ce que veut véritablement dire Dreyfus. Selon moi, Dreyfus aurait gagné à clarifier ses propos sur la conscience de manière à éviter les ambiguïtés qui peuvent conduire à des interprétations contradictoires de sa théorie.

Dans un encadré inclus dans l'article de 2013 (Dreyfus 2013, p. 32) dont j'ai déjà cité des passages, et en partie basé sur la terminologie heideggerienne, Dreyfus distingue trois manières d'être-dans-le-monde. Dans cet encadré, Dreyfus reprend l'exemple du marteau (du charpentier) de Heidegger (1986). Dreyfus illustre l'absorption dans le flow en disant que le marteau s'efface (« withdraws »). Il y a une similitude évidente entre cet exemple et une des descriptions de Hunter et Csikszentmihalyi (2000, p. 14) citée plus haut : « For a cyclist in flow there is no longer 'me and the bike', rather these distinctions become collapsed into a unified sensation of motion ». La description de Hunter et Csikszentmihalyi montre bien que le vélo (ou le marteau) *en tant qu'objet distinct* peut s'effacer, c'est-à-dire ne pas être vécu comme vélo (comme marteau) *indépendamment du corps et de l'action*. Mais cet effacement n'est pas l'effacement de toute conscience. Le vélo s'efface pour faire place à « une sensation unifiée de mouvement », il devient comme une extension du corps. Appliquée à un objet particulier dans l'activité de l'expert, l'analyse de Dreyfus semble juste; mais cette analyse ne peut s'étendre à l'activité de l'expert toute entière. C'est-à-dire qu'il semble juste de dire que le marteau, d'une certaine manière, tombe à l'inconscient phénoménologique lorsqu'il s'efface; il devient comme une extension du schéma corporel, à la manière de la plume sur le chapeau de la femme dans l'exemple de

Merleau-Ponty (1945, p. 167). En ce sens on peut dire que le charpentier n'a pas conscience de son marteau comme tel, comme d'un objet distinct avec ses qualités propres, au moment où il s'en sert de manière experte; mais cela ne veut pas dire qu'il n'a aucune conscience de son activité de charpenterie ou de son marteau à ce moment. Bien que l'expression « inconscient » parfois employée par Dreyfus peut suggérer la deuxième de ces idées, c'est plutôt la première que Dreyfus soutient. Comme le marteau, les parties du corps, voire même le corps physique tout entier s'effacent dans l'activité motrice experte, mais le corps ne s'efface pas pour laisser place à une absence totale de conscience, il s'efface pour faire place à une conscience plus englobante, une conscience des couplages entre le corps et l'environnement. Pour voir un ballet, il faut cesser de voir les danseurs en particulier; dans un certain sens on peut dire qu'on ne voit plus aucun danseur, mais pas dans un sens absolu. C'est dans un sens similaire que l'expert perd conscience de son outil et de son corps; en perdant la conscience de ces objets particuliers, l'expert gagne la conscience de la chorégraphie formée par son corps, son outil, son environnement.

Finalement, dans certaines descriptions²² comme celle qui suit, la phénoménologie proposée par Dreyfus se rapproche de celle de Merleau-Ponty :

²² Une parenthèse épistémologique s'impose. Dans la présente section, nous avons rencontré de nombreuses descriptions. Le contexte d'écriture peut suggérer qu'il s'agissait de descriptions *phénoménologiques*. Était-ce toujours le cas? La question pourrait occuper un mémoire, au moins (la définition de la méthode phénoménologique est en soi un objet de débat philosophique). Je me contenterai de quelques précisions. Tout d'abord, les descriptions présentées dans ce mémoire le sont à titre de suggestions heuristiques, comme point de départ de la réflexion, pas à titre d'argument ou de preuve; c'est ce qui m'autorise à ne pas entrer dans les détails de cette discussion. Ceci étant dit, on peut se demander dans quelle mesure Dreyfus a employé quelque-chose comme une méthode phénoménologique pour parvenir à ses descriptions; leur statut de « descriptions phénoménologiques » paraît donc discutable. Au-delà de cette question conceptuelle, la validité épistémologique de descriptions comme celle du joueur de tennis expert est discutable. Pour autant que je sache, Dreyfus n'était pas réputé être un joueur de tennis expert; il n'a donc pas pu employer une méthode « en première personne » (quoique, selon sa propre définition –que nous verrons plus loin, Dreyfus pourrait être un « expert » sans que cela se sache). Il ne semble pas non plus avoir employé une méthode « en deuxième personne » puisqu'il ne réfère jamais à aucun joueur et moment vécu particuliers.

But if one is expert at the game, things are going well, and one is absorbed in the game, what one experiences is more like one's arm going up and it is being drawn to the appropriate position, the racket forming the optimal angle with the court – an angle one need not be aware of – all this so as to complete the gestalt made of the court, one's running opponent, and the oncoming ball. One feels that one's comportment was caused by the perceived conditions in such a way as to reduce a sense of deviation from some satisfactory gestalt. But that final gestalt need not be represented in one's mind. Indeed, it is not something one could represent. One only senses one is getting closer or further away from the optimum' (Dreyfus, 2002, p. 372).

Dreyfus ne nie pas que des phénomènes soient vécus dans l'action experte, il soutient que ces phénomènes ne sont pas représentés²³. Cette phénoménologie correspond à ce que nous avons appelé « conscience pré-réfléchie ». En concevant ainsi l'intentionnalité motrice, il me semble que Dreyfus, suivant Merleau-Ponty, évite la dichotomie du corps et de la conscience : l'action est à la fois corps et conscience; ce n'est que l'abstraction qui sépare artificiellement le corps et la conscience. Ceci étant dit, même dans les passages comme celui que nous venons de lire, où Dreyfus est le plus charitable envers les expériences de ce type, celles-ci ont encore un rôle assez marginal : la conscience pré-réfléchie est encore conçue comme une spectatrice passive de l'action (« what one experiences is more like one's arm going up and it is being drawn to the appropriate position »). Dans le chapitre III, je présenterai un modèle dans lequel la conscience pré-réfléchie peut parfois contribuer à la causalité de l'action en cours, et, dans la conclusion du mémoire, je soutiendrai que c'est souvent le cas dans la performance experte. Pour le moment, nous allons nous intéresser à une deuxième critique adressée par plusieurs auteurs à la théorie de l'expertise de Dreyfus.

²³ En fait, Dreyfus va plus loin en disant non seulement que les phénomènes vécus dans l'action experte ne sont pas représentés, mais aussi qu'ils ne *peuvent pas* être représentés (« not something one could represent »). Nous nous intéresserons à cette thèse plus forte dans le chapitre III, lorsque nous examinerons ce que peut être une conscience réfléchie de l'action. Par ailleurs, il est question ici de représentations conscientes; mais Dreyfus, dans le même article, nie également la possibilité que des représentations *cérébrales* soient en jeu dans l'action motrice experte. Dans le chapitre II, je présente la thèse alternative des représentations « orientées-action » proposée par Andy Clark (1997).

1.3. La confusion de l'expertise avec l'habitude quotidienne.

Une autre critique adressée par Breivik (2013) à la théorie de l'expertise motrice de Dreyfus est que celui-ci passe de la théorie de l'habitude quotidienne à la théorie de la performance experte comme si ces deux choses n'en faisaient qu'une. Ce point est peu contestable; la façon de procéder qui est mise en cause apparaît clairement par exemple lorsque Dreyfus fait des déductions concernant l'expertise à partir de l'exemple de la conduite automobile quotidienne. Ce qui peut faire l'objet d'une discussion cependant c'est la question de savoir si cette assimilation entre habitude quotidienne et expertise est problématique et les raisons pour lesquelles elle le serait. Breivik soutient que cette assimilation est problématique. Son argumentation implique que le mode d'activité de l'habitude quotidienne est nécessairement inadéquat pour la performance experte. Je suis d'accord avec Breivik pour dire que l'assimilation entre habitude quotidienne et expertise est problématique. Cependant je crois que les raisons avancées par Breivik pour soutenir ce point sont mal fondées. Je propose des raisons différentes, qui n'impliquent pas que le mode d'activité de l'habitude quotidienne est nécessairement inadéquat pour la performance experte.

Breivik soutient que le mode d'activité de l'habitude est nécessairement inadéquat pour la performance experte parce que l'habitude produit, selon lui, une performance « médiocre » :

Is this the type of absorbed coping that elite athletes' experience? I think not, for several reasons. In general, I think the quality of my driving in the absorbed state is quite mediocre, and I am not able to do it for a long period of time, just while driving a few blocks (Breivik 2013, p. 93).

Le raisonnement de Breivik semble être le suivant : dans l'habitude quotidienne, la performance est médiocre; or l'expert ne recherche certainement pas une performance médiocre; donc le mode d'activité de la performance experte est nécessairement

différent du mode d'activité de l'habitude. Mais est-il juste de dire que la performance du conducteur quotidien est « médiocre »? Pour répondre à cette question il faut se demander quel critère emploie Breivik pour juger que la performance est médiocre. Breivik compare sa conduite quotidienne à celle d'un pilote de Grand Prix de Formule 1 : « my driving [to work] is mediocre compared to Schumacher [at Grand Prix races]. He performs much better » (p. 91). Dire que sa conduite pour aller au travail est « médiocre comparée à celle de Schumacher » n'a, selon moi, pas de sens. Les activités pratiquées par Breivik lorsqu'il se rend au travail et par Schumacher lorsqu'il court un Grand Prix sont très différentes. La similitude entre les deux activités se limite à la présence d'un engin à quatre roues. En particulier, les buts respectifs du pilote et du conducteur quotidien sont très différents. Or on ne peut juger de la qualité d'une performance qu'en fonction d'un but. Si mon but est de me rendre au travail (de manière sécuritaire) et si je ne manque pas ma destination (et que je ne crée aucun danger), ma performance est optimale au regard de mon but. Ce que l'on peut dire c'est que le but poursuivi par le pilote dans un Grand Prix est généralement un but difficile par rapport à ses habiletés, c'est-à-dire un but qui exige le meilleur de ses habiletés; alors que le but de se rendre au travail est, dans des conditions normales, un but facile par rapport aux habiletés d'un conducteur expérimenté. L'exemple de la conduite quotidienne nous enseigne donc que le mode d'activité de l'habitude quotidienne est adéquat pour atteindre un but facile (relativement à un niveau d'habiletés); cet exemple ne nous dit *pas* que le mode d'activité de l'habitude quotidienne est inadéquat pour atteindre un but relativement difficile.

Breivik établit une autre distinction entre habitude quotidienne et performance experte qui repose sur le couple « satisfaction/ perfection ». Les deux distinctions que je présente comme séparées ne le sont pas dans l'argumentaire de Breivik mais il est important de les séparer afin de sauver ce qu'il y a d'intéressant dans la deuxième distinction. Pour bien séparer les deux distinctions, j'ai besoin d'insister encore un peu sur la disqualification de l'argument de la médiocrité de l'habitude. Breivik écrit : « we

need not be very good at things in daily life, but just good enough. In our daily lives we do not seek perfection, but satisfaction. It suffices that I am good enough » (Breivik, 2013, p. 91). Conformément à mes remarques précédentes, je ne crois pas qu'il soit juste de dire que « nous n'avons pas besoin d'être très bons aux choses de la vie quotidienne », cela équivaut à dire que l'habitude produit une performance médiocre. Si mon but est de descendre un escalier en marchant, il n'est pas vrai que je n'ai pas besoin d'être très bon à cette tâche; en réalité on peut dire, sans trop exagérer, que ma survie dépend de ma capacité à fournir une performance optimale à 100% dans cette tâche, parce qu'une performance sous optimale signifierait une chute possiblement fatale. Ce que Breivik a probablement voulu souligner c'est que mon but est *seulement* de descendre l'escalier en marchant; pas de descendre le plus vite possible ou en empruntant le moins de marches possible, par exemple. Dans ce sens il est tout à fait correct de dire que dans l'habitude quotidienne nous ne cherchons rien de plus que la « satisfaction » (d'un but facile pour nous); à condition de ne pas perdre de vue que nous ne cherchons *rien de moins* que cette satisfaction. Mais alors, ne doit-on pas dire que l'expert aussi recherche la *satisfaction* et que la différence entre lui et nous est que lui cherche la satisfaction d'un but difficile pour lui? Il semble juste de dire cela (c'est précisément ce que j'ai affirmé plus haut); mais c'est aussi insuffisant : l'expert cherche plus que la satisfaction d'un but difficile pour lui. Breivik l'a bien vu; et la notion de perfection qu'il fait intervenir est utile pour distinguer adéquatement la performance experte de l'habitude quotidienne, mais quelques précisions s'imposent, selon moi.

Il me semble juste de dire que, *dans une perspective à long terme*, les experts visent la perfection comme horizon de leur pratique. Mais cela signifie-t-il dire que, *dans une situation de performance*, un expert vise la perfection? Viser la perfection c'est viser la perfection *absolue*. Viser la perfection absolue dans une perspective à long terme ça peut être ce qui soutient la carrière des experts qui cherchent à toujours faire mieux; qui retournent à l'entraînement pour s'améliorer même après une bonne performance. Sur le plan psychologique, viser la perfection absolue peut, dans une perspective à long

terme, correspondre à une motivation profonde. Mais dans une performance particulière, viser la perfection absolue semble correspondre à un caractère perfectionniste, généralement perçu comme nuisible pour la performance et dont on fera donc difficilement une caractéristique généralisable de l'expertise.

Sur le plan philosophique maintenant, la perfection absolue est, par définition, une abstraction; pour cette raison, supposer que l'expert vise la perfection absolue pose un problème au niveau de la relation entre intentions et motricité. Penser que l'expert vise, de manière primordiale, la perfection absolue oblige à introduire de la pensée abstraite dans la performance pour définir ce qu'est la perfection dans la situation présente et calculer les moyens de l'atteindre. Contre cette idée, je soutiens que la perfection visée primordialement par l'expert est une perfection relative plutôt que la perfection absolue. La perfection que vise l'expert en premier lieu dans le moment de la performance est relative à ses propres possibilités, c'est *sa* perfection, c'est-à-dire ce qu'il peut faire de mieux. La perfection de l'expert est basée sur ses expériences passées plutôt que sur un idéal abstrait. Est-ce que cela veut dire que l'expert ne cherche en aucune manière la perfection absolue? Je crois que l'expert vise la perfection absolue de manière secondaire ou optionnelle. C'est-à-dire que lorsque l'expert réalise ce qu'il sait faire de mieux, il peut avoir un sens de ce qui serait encore meilleur. Ainsi, si la possibilité se présente d'aller au-delà de sa perfection, dans la direction de la perfection absolue, l'expert sait saisir cette possibilité. Mais l'expert vise d'abord une perfection relative et concrète; et c'est seulement de manière secondaire et optionnelle qu'il peut parfois viser la perfection absolue. Même la perfection absolue n'est, je crois, jamais visée abstraitement; elle est visée seulement quand elle se présente concrètement, comme une possibilité d'action qui dépasse la perfection relative.

Revenons à la critique, adressée par Breivik à la théorie de l'expertise de Dreyfus, de confondre habitude quotidienne et performance experte. Breivik présente une opposition radicale entre habitude quotidienne et performance experte : dans l'habitude

nous nous satisfaisions d'une performance médiocre alors que l'expert vise la perfection (absolue). Il découle de cette opposition radicale que des modes d'activité radicalement différents doivent être impliqués respectivement dans l'habitude quotidienne et dans la performance experte. Tout en étant d'accord avec Breivik pour dire qu'il existe une différence entre habitude quotidienne et performance experte et qu'on ne peut donc pas, dans nos analyses, passer de l'une à l'autre comme si elles étaient une seule chose, j'ai soutenu que la différence entre les deux n'est pas aussi radicale que Breivik l'affirme. Selon moi, l'agent du quotidien et l'expert visent tous les deux un but qui correspond à des habiletés concrètes qu'ils possèdent plutôt qu'à une abstraction (comme la perfection); et les deux cherchent à atteindre leur but de manière optimale. Ce qui les différencie c'est que le but visé par l'expert est difficile et le but visé par l'agent du quotidien est facile, relativement à leurs habiletés respectives. En outre, l'expert est ouvert à une éventuelle possibilité d'aller au-delà de l'atteinte de son but initial. Je crois que reconnaître la différence entre habitude quotidienne et performance experte doit susciter une réflexion approfondie des relations entre les deux types d'activité. Mais, telle que je l'ai présentée, la différence n'apparaît pas assez radicale pour impliquer qu'il doive nécessairement y avoir des modes d'activité différents à la base de chacun de ces types d'activité.

Cependant, il existe une différence entre habitude quotidienne et performance experte. Et cette différence fait en sorte que l'explication de l'habitude quotidienne ne suffit pas à expliquer *entièrement* la performance experte. Nous avons donc besoin d'une définition de l'expertise plus restrictive que la définition courante que nous avons admise jusqu'à maintenant, de manière à ce que l'habitude quotidienne en soit exclue.

1.4. Une définition plus restrictive de l'expertise

Jusqu'ici nous nous sommes contentés d'une définition courante, proposée par un dictionnaire, de l'expert. Suivant cette définition, il était permis de considérer une

personne qui effectue une habitude du quotidien avec succès comme une personne experte. Mais la différence entre habitude quotidienne et performance experte que j'ai soulignée dans la section précédente a pour conséquence que l'effectuation d'une habitude quotidienne ne peut plus suffire pour qualifier une personne d'experte. Dans cette section, je vais donc chercher à définir avec plus de précision ce qu'est un expert. Ce dont nous avons besoin c'est une définition de travail, c'est-à-dire une définition qui permette de circonscrire clairement notre objet d'étude. Je ne chercherai donc pas à établir une définition universelle de l'expert, c'est-à-dire une définition qui serait valable dans tous les contextes possibles. Autrement dit, il se peut que la définition à laquelle nous parviendrons exclue des individus qui, dans un autre contexte, pourraient compter comme experts.

Barbara Montero dédie un chapitre entier de son livre *Thought in action. Expertise and the conscious mind*. (Montero, 2016, 3. What is an expert?) à définir ce qu'est un expert. Dans la présente section, je m'appuie sur ce chapitre pour finalement adopter une définition qui correspond à celle de Montero, mais avec une restriction supplémentaire. Montero fait l'examen critique de sept définitions que l'on peut trouver soit dans la littérature spécifique soit dans l'usage populaire. Elle rejette carrément six de ces définitions, soit parce qu'elle les juge fausses, soit parce qu'elles sont, selon elle, basées sur des critères trop difficiles à mesurer empiriquement. La septième définition, basée sur la quantité de pratique, est retenue par Montero mais avec une spécification supplémentaire : que la pratique soit « délibérée²⁴ ». Le critère de la pratique délibéré n'est pas le seul critère de la définition finalement proposée par Montero. Elle ajoute que la personne doit être encore engagée dans la recherche de l'amélioration. Pour ma part, je rejeterai cinq des définitions en me contentant de

²⁴ Voir plus loin la définition de « pratique délibérée ».

donner un ou deux arguments ou contre-exemples pour chacune²⁵; j'expliquerai pourquoi j'admets les critères de Montero; et je proposerai une nouvelle version du critère de la performance (sixième définition rejetée par Montero) comme critère supplémentaire.

Commençons par la définition de l'expert comme une personne qui performe de manière automatique. L'hypothèse que la performance experte est, ou du moins peut être, basée sur un fonctionnement automatique fait partie des hypothèses que notre recherche vise à tester. Nous ne pouvons donc pas partir d'une définition de l'expert comme une personne qui performe de manière automatique, puisque cela reviendrait à présupposer que l'hypothèse est vraie. Si nous commençons par présupposer que l'expert performe de manière automatique, toute conclusion à propos de l'hypothèse selon laquelle la performance experte peut être automatique ne pourra être que tautologique (notre raisonnement serait alors une pétition de principe) ou contradictoire (notre raisonnement serait alors invalide). Notre définition doit donc être agnostique par rapport à la place de l'automaticité dans la performance experte.

Une deuxième option consiste à définir l'expert comme une personne ayant accumulé une grande quantité de savoir dans un domaine spécifique. Le terme « savoir » peut référer à un savoir de type propositionnel, on parle alors de « savoir-que » (*knowledge-that*), ou il peut référer à un savoir pragmatique, qu'on appelle généralement « savoir-faire » (*knowledge-how*) (voir Ryle, 2009). Si « savoir » réfère à un savoir propositionnel, alors la définition que nous évaluons présentement semble plutôt correspondre à l'expert comme « personne choisie pour ses connaissances techniques et chargée de faire des examens, des constatations, des évaluations à propos d'un fait, d'un sujet précis », ce qui n'est pas le sens d'« expert » auquel nous nous intéressons²⁶.

²⁵ Ma présentation ne suit pas le même ordre que celle de Montero et mes arguments et contre-exemples ne sont pas toujours identiques à ceux proposés par la philosophe.

²⁶ Voir l'introduction du mémoire.

Elle peut probablement convenir à certains domaines d'expertise, mais ne peut pas être généralisée. Et, pour le domaine d'expertise auquel nous nous intéressons dans ce mémoire, cette définition me semble à la fois trop restrictive (elle élimine a priori l'hypothèse de la possibilité qu'un expert ait peu de savoir propositionnel à propos du domaine dans lequel il est expert) et pas assez restrictive (il est communément admis qu'on peut savoir beaucoup de théorie à propos de comment faire quelque-chose et ne pas être capable de le faire). Si « savoir » inclut le savoir-faire, alors la définition que nous évaluons présentement est encore moins précise que celle que nous avons adoptée comme point de départ, à savoir celle qui définit l'expert comme une « personne qui a, par l'expérience, par la pratique, acquis une grande habileté ».

Une troisième option consiste à considérer la réputation, ou la nomination par les pairs, pour déterminer qui est expert. Mais les critères qui établissent la réputation ne sont pas toujours clairs. Et il existe différents systèmes de nomination par les pairs, certains pouvant être vus comme trop laxistes pour définir l'expertise (« Est-on expert dans un domaine juste après avoir obtenu un doctorat? » demande, par exemple, Montero²⁷), d'autres comme trop strictes (« il y a certainement plus d'experts en physique que de récipiendaires du prix Nobel », poursuit la philosophe).

Selon un quatrième critère, proposé notamment par le spécialiste de l'expertise K. Anders Ericsson (2008) comme une partie de sa définition, un expert serait « capable de performer virtuellement en tout temps avec une préparation relativement limitée ». De nombreux musiciens, cependant, ont besoin de répéter de nombreuses fois l'ensemble, ou des parties, des pièces qu'ils vont jouer en concert. Les athlètes de toutes disciplines sont (de plus en plus) nombreux à employer des techniques de simulation

²⁷ Je dois remercier Barbara Montero de soulager mon malaise de ne pas me sentir expert, peu avant de terminer ma maîtrise!

mentales en préparation de leurs performances. Je souhaite une définition qui n'élimine pas ces personnes.

Un cinquième critère exige d'un expert qu'il soit capable d'effectuer une performance *rapidement*. Dans certains domaines, la rapidité d'exécution est un des critères, voire le critère, qui définit la performance (toutes les courses, par exemple); dans ces domaines, un expert doit naturellement être capable d'exécuter rapidement sa performance. Mais, en art plastique? En escalade *de difficulté* (par opposition avec l'escalade *de vitesse* qui entre dans la catégorie des courses)? En écriture? Montero rapporte les propos de Leonard Cohen qui affirme que l'écriture de la chanson *Hallelujah* lui a pris plus de quatre ans et qu'en général il a besoin d'un temps relativement long pour écrire une pièce. Est-ce que cela, demande Montero, disqualifie Cohen comme expert en écriture de chansons? Je souhaite, comme Montero, adopter une définition de l'expert qui inclut des personnes comme Leonard Cohen. Enfin, dans un domaine comme l'apnée statique, où le but est que la performance dure le plus longtemps possible, le critère de la vitesse d'exécution devient carrément absurde.

Le sixième type de définition que allons examiner est peut-être celui qui correspond le plus à une définition intuitive d'un expert : la définition basée sur le niveau de performance. Je vais discuter cette option un peu plus en détail que les précédentes, parce que, contrairement à Montero qui la rejette entièrement, je voudrais en faire un des critères de ma définition. Pour Ericsson et Charness (1994), par exemple, la performance d'un expert se situe au moins deux « écarts types » (*standard deviations*) au-dessus du niveau moyen de la population. Le premier problème que rencontre le critère du niveau de performance est le problème de tout critère qui établit une séparation stricte : peut-on vraiment accepter que la différence, par exemple, entre être dans le percentile 97,72 et le percentile 97,73 fasse ou défasse un expert? (Montero, 2016, p. 60). Il pourrait être possible de définir une zone grise : en-dessous on n'est clairement pas un expert, au-dessus on est clairement un expert, et dedans on est un

quasi-expert. Mais des problèmes plus fondamentaux se posent. Si la classe à laquelle on compare l'expert est la population vivante toute entière, dans une activité peu pratiquée, il pourrait ne pas être très difficile d'être dans le 99^{ième} percentile avec quelques heures de pratique seulement (Montero, 2016, p. 60). Montero mentionne une solution qui peut être avancée : considérer comme classe de comparaison seulement les personnes engagées dans la pratique de l'activité. Mais elle présente comme une objection à cette solution le fait que dans le cas où un individu très exceptionnel développerait un niveau d'habileté très supérieur à n'importe qui, alors même les grand-maîtres pourraient ne plus se situer deux écarts types au-dessus de la moyenne. Mais, même en admettant qu'un seul individu puisse ainsi élever dramatiquement la moyenne d'une population (ce qui est très improbable, à moins que la population soit très petite), je ne trouve pas nécessairement problématique de reconnaître que, dans un tel cas, un nouveau standard d'expertise est établi et que, par conséquent, certains ex-grands-maîtres ne peuvent plus être considérés comme des experts dans la nouvelle ère qui commence.

Montero considère ensuite un autre cas problématique. Lorsqu'une nouvelle technique est inventée, les premières personnes qui sont formées à cette technique sont-elles des expertes? Si on les compare à l'ensemble de la population, ou même à l'ensemble des infirmières (dans l'exemple particulier proposé par Montero), elles le sont. Mais si on compare chaque personne à la classe des personnes (par exemple infirmières) formées à cette technique particulière, alors la réponse est « non » si toutes les personnes ont atteint un niveau sensiblement égal de formation, et la réponse peut-être « oui » si, parmi les personnes formées, certaines se démarquent des autres par deux écarts types. Dans ce dernier cas, il me semble que la désignation « expert » est appropriée dans le contexte de la pratique (les personnes « expertes » peuvent être, au moins temporairement, prises comme références). Mais il me semble que cette désignation n'est pas appropriée dans le contexte d'une recherche qui cherche à produire des généralisations à propos de l'expertise : il se pourrait que les « experts » dans une

activité nouvelle aient un fonctionnement différent de celui des experts dans des activités pratiquées depuis longtemps.

Montero envisage ensuite la situation dans laquelle à peu près toutes les personnes qui pratiquent une activité particulière ont un niveau très élevé (par exemple la pratique des instruments de musique anciens). Si la classe de comparaison est la population restreinte des pratiquants de l'activité on ne peut discriminer aucun expert. Ces musiciens pourront être considérés comme des experts seulement si on les compare à la population générale. Mais on ne peut adopter une définition dont les critères changent en fonction de la situation.

Un autre problème inhérent au critère du niveau de performance est que, comme le fait remarquer Montero, il pourrait conduire à considérer des personnes comme expertes pour des habiletés ordinaires du quotidien. Si on testait n'importe quelle habileté quotidienne (Montero donne l'exemple du boutonnage de chemise), on obtiendrait (quasiment de manière nécessaire, avec une mesure de grain fin) une distribution de performances avec certaines personnes dans le 99^{ième} percentile. Veut-on considérer qu'il existe des experts pour chaque habitude quotidienne²⁸? C'est justement la reconnaissance, dans la section précédente, d'une distinction fondamentale entre *habitude quotidienne* et *performance experte* qui nous a conduits à restreindre notre définition de l'expert.

Le problème peut-être le plus évident avec le critère du niveau de performance réside dans le fait que, dans certains domaines d'activité (par exemple en art), il est difficile, voire impossible, de mesurer objectivement la performance. Dans ces domaines,

²⁸ Montero admet que l'exemple du boutonnage de chemise n'est peut-être pas idéalement choisi parce qu'il existe des habilleuses/habilleurs professionnel(les). Dans le cas de ces personnes, le boutonnage de chemise est peut-être véritablement une performance experte.

l'évaluation de la performance relève de la nomination par les pairs ou de la réputation, qui sont problématiques pour établir une définition, comme nous l'avons vu.

Enfin, Montero souligne que le critère du niveau de performance conduit à inclure parmi les experts les personnes qui ont naturellement des habiletés extrêmement développées. En première approximation, je ne trouvais pas cela problématique, contrairement à Montero. Puis, une petite expérience de pensée m'a permis de voir que la finalité de la recherche pour laquelle nous avons besoin d'une définition de l'expert pourrait être en jeu dans cette question. Je pense qu'il n'est pas inutile de retranscrire cette expérience de pensée, faite de quelques variations imaginaires à partir du cas réel suivant : le 30 mars 2001, lors des sélections américaines pour les championnats du monde de natation, Michael Phelps est devenu, à l'âge de 15 ans et 9 mois, le plus jeune nageur de sexe masculin à établir un nouveau record du monde. Imaginons qu'une étude ait alors permis de décrire en détail le fonctionnement mental de Phelps pendant qu'il réalisait sa performance record. Supposons que cette description ait révélé un fonctionnement très différent de celui généralement attribué aux experts (mettons, suivant la même méthode de recherche). En 2001, fallait-il considérer Phelps comme un expert, parce qu'il avait établi un record du monde et malgré le fait qu'il comptait peu d'années de pratique relativement à ses successeurs dans les tables de records? Dans notre scénario, faudrait-il remettre en question le savoir établi à propos du fonctionnement mental des experts? En première analyse, j'avais répondu « oui ».

Mais, quinze années après son premier record, lors des Jeux Olympiques de Rio, en 2016, Phelps remporte le titre olympique (la 24^{ième} de ses 28 médailles olympiques) sur la même distance (le 200m papillon) avec un temps inférieur de 1''22 à son temps record de 2001. Quittons à nouveau le réel pour imaginer qu'une nouvelle étude, du même type que celle supposément réalisée en 2001, ait permis de décrire un fonctionnement mental complètement différent de celui décrit quinze ans plus tôt et, cette fois-ci, semblable au fonctionnement généralement attribué aux experts. Dans ce

nouveau scénario, que faudrait-il faire? Considérer les deux Phelps, celui de 2001 et celui de 2016, comme deux types différents d'experts? Ou considérer que seul le Phelps de 2016 est véritablement expert, et que celui de 2001 était seulement en voie de devenir pleinement expert?

La réponse à ces questions pourrait dépendre de la finalité de notre recherche. Si, comme chercheur, on est centré sur la performance et que notre question de recherche est quelque-chose comme « quel est le fonctionnement mental des personnes qui performant au plus haut niveau actuel ? », alors il est clair qu'on devrait considérer les deux Phelps comme des experts (à moins qu'on considère qu'il y a un saut qualitatif entre la performance de 2001 et celle de 2016). Mais si on est centré sur le développement du potentiel individuel et que notre question de recherche ressemble à « quel est le fonctionnement mental des personnes qui ont développé leurs habiletés de manière quasiment optimale? », alors peut-être faut-il considérer seulement le Phelps de 2016 comme un expert. Cette deuxième option me semble plus puissante sur le plan normatif : il me semble qu'elle est préférable à la première si on cherche à définir ce que *devrait* être le fonctionnement d'un expert. Supposons que nous cherchons à aider une personne « P », moins « douée »²⁹ que Phelps, à devenir experte. Il ne semble pas tant utile de connaître a) *le fonctionnement de Phelps lorsqu'il réalise une performance définie indépendamment de son potentiel* que de connaître b) *le fonctionnement de Phelps lorsqu'il réalise une performance qui correspond à un développement quasi-optimal de son potentiel* (c'est-à-dire après quinze années de pratique délibérée). Car, étant donné la différence de prédisposition, nous n'avons aucune idée du niveau de performance auquel un fonctionnement semblable à a) pourrait contribuer chez P. Mais on peut formuler l'hypothèse qu'un fonctionnement semblable à b), s'il était acquis à travers des années de pratique (délibérée), pourrait contribuer à ce que P

²⁹ Il n'existe pas de consensus sur les (combinaisons de) caractéristiques qui font qu'un individu est plus ou moins prédisposé à devenir expert dans un domaine donné. Cependant, il est assez largement admis que certains individus sont mieux prédisposés que d'autres à devenir experts dans un domaine donné.

atteigne un niveau de performance optimal par rapport à son propre potentiel³⁰. Pour cette raison, je souhaite adopter une définition d'un expert qui inclut le Phelps de 2016 mais exclut celui de 2001. Notre définition ne peut donc pas reposer entièrement sur le critère du niveau de performance; mais cela n'empêche pas que ce critère en fasse partie.

Examinons maintenant la septième, et dernière, définition relevée par Montero : celle basée sur l'expérience accumulée dans le domaine considéré. La manière simple d'employer ce critère consiste à compter le nombre d'années qu'une personne a passées à pratiquer une habileté pour déterminer si elle est experte ou non. Les chiffres de « 10 ans » ou « 10 000 heures » ont parfois été proposés comme minima (depuis Bryan et Harter (1899), si ce n'est plus tôt). Montero reprend l'argument d'Ericsson (2006, 2008) contre cette approche simple. Selon lui, il existe de nombreux exemples empiriques de personnes ayant une expérience de nombreuses années dans un domaine mais dont le niveau d'habileté dans ce domaine demeure néanmoins faible. Cette critique a conduit le chercheur suédois à rechercher les critères que la pratique d'une activité doit satisfaire pour qu'elle conduise de manière plus probable au développement des habiletés et par suite, éventuellement, à l'expertise. Ericsson et ses collègues (1993) ont conclu que, dans une grande variété de domaines, ceux qui excellent ont non seulement été engagés dans au moins dix années de pratique, mais qu'ils ont été engagés dans au moins dix années de ce qu'ils appellent une « pratique délibérée ». Ce type de pratique, résume Montero, ne consiste pas simplement à répéter encore et encore des actions, comme c'est peut-être le cas de nos habitudes

³⁰ Cette hypothèse présuppose que si un fonctionnement (mental) F contribue à ce qu'une personne P_1 atteigne un niveau de performance optimal par rapport à son potentiel alors F contribue (ou peut contribuer) à ce qu'une personne P_2 atteigne un niveau de performance optimal par rapport à son propre potentiel. La vérité de cette position est loin d'être établie, c'est pourquoi l'idée que j'ai formulée n'est qu'une hypothèse (mais avec l'autre option on ne peut même pas formuler d'hypothèse). Par ailleurs, cette hypothèse pose également la question pratique de savoir si, et comment, on pourrait guider une personne vers l'acquisition d'un fonctionnement (mental) donné.

quotidiennes, mais comprend, durant la pratique, un travail sur des aspects difficiles, et, après la pratique, l'analyse des succès et échecs. Montero intègre la notion de pratique délibérée à sa définition de l'expertise³¹.

Ainsi, selon Montero (2016, p.64), « les experts sont des personnes qui sont engagées dans une pratique délibérée durant environ dix ans ou plus ». Elle précise que cela signifie une pratique quotidienne ou presque (*close to daily*), d'une certaine durée (*extended*) et avec le but spécifique de progresser. Sa définition comprend un deuxième critère : les personnes doivent avoir encore le désir de progresser (p. 64), elles doivent même être passionnées par ce désir (« still passionate about improving », p. 67). Ce critère vise à exclure les personnes qui « restent sur leurs lauriers » (p. 67). La raison de cette précaution pourrait être la suivante : il arrive que des personnes qui ont été expertes continuent, durant une période relativement courte, à performer à un niveau très élevé bien qu'elles aient abandonné le désir de progresser et cessé la pratique délibérée. Il se pourrait que, durant cette période, le fonctionnement (mental) des experts dans leurs performances soit différent du fonctionnement qu'ils avaient dans leurs performances d'experts véritables.

La définition proposée par Montero restreint la définition que nous avons adoptée en partant : « personne qui a, par l'expérience, par la pratique, acquis une grande habileté ». Elle le fait en précisant la nature de l'expérience et de la pratique caractéristiques d'un expert³². Cependant, elle fait le choix de ne pas préciser l'autre partie de la définition : l'habileté (ou la performance³³). La définition de Montero évite

³¹ Montero remarque que, contrairement à elle, dont la question de recherche est « que se passe-t-il dans l'esprit d'un expert en action? », Ericsson, dont la question de recherche est « comment se construit un expert? » (*what goes into making an expert?*), ne pouvait pas définir un expert en termes de pratique délibérée et ensuite montrer que les experts s'engagent dans une pratique délibérée.

³² Montero précise surtout la pratique. Mais on peut considérer que le type d'expérience que l'on fait est largement fonction du type de pratique dans laquelle on s'engage.

³³ Dans certains domaines, le niveau de performance est la conséquence directe du niveau d'habileté (en supposant des conditions d'exercice adéquates). Dans d'autres domaines, d'autres facteurs entrent en jeu

tous les problèmes des définitions que nous avons examinées. En particulier, elle exclut le jeune prodige qui performe au plus haut niveau sans avoir développé son plein potentiel et le jeune retraité qui reste sur ses lauriers. Elle exclut également les habiletés quotidiennes lorsqu'elles sont seulement cela, et permet de les inclure lorsque quelqu'un en fait l'objet d'une pratique délibérée pendant dix ans (par exemple le boutonnage de chemise pour une habilleuse professionnelle).

En ce qui me concerne, les avantages qui viennent d'être présentés me conduisent à adopter les deux critères de Montero (*dix ans de pratique délibérée* et *désir de continuer de progresser*). Mais je souhaite restreindre encore davantage la définition, pour la raison suivante. Je connais des personnes qui se qualifient comme expertes selon la définition de Montero mais dont le niveau de performance reste très inférieur à celui d'autres personnes (j'ai déjà été moi-même dans ce cas, en natation). Or, un des objectifs auxquels je souhaite contribuer avec ma recherche³⁴ est précisément de comprendre ce qui différencie ces deux catégories de personnes. J'ai donc besoin d'une définition plus restrictive en ce qui concerne le niveau d'habileté (ou de performance) pris en compte. Le fait d'avoir adopté les deux critères de Montero écarte certains des problèmes que peut poser un critère de niveau de performance (voir plus haut); mais, cela ne suffit pas pour résoudre certains autres problèmes.

À défaut de pouvoir adopter le point de vue d'un dieu et de pouvoir définir de manière absolue ce qu'est une performance experte, nous ne pouvons déterminer un niveau de performance qu'en comparant la performance d'une personne avec celles d'autres personnes. Cela pose, nous l'avons vu, le problème du choix de la classe de

(en sport, par exemple, il est toujours difficile de distinguer la part des habiletés de celle des qualités physiques dans la production d'une performance). Dans tous les cas où la notion d'expertise est pertinente, le niveau de performance est toujours fonction du niveau d'habileté.

³⁴ « Ma recherche » est à comprendre dans une perspective à long terme, dans laquelle ce mémoire est une première étape.

comparaison. Le choix, comme classe de comparaison, des personnes qui pratiquent l'activité considérée pose un problème dans le cas où toutes les personnes qui pratiquent ont un haut niveau de performance; dans ce cas, aucune personne ne se distingue des autres pratiquants, donc aucune n'apparaît comme experte (selon le critère considéré). Les critères de Montero ne suffisent pas à écarter ce problème, qui réapparaît si on réintroduit un critère de performance basé sur la distinction par rapport aux personnes qui pratiquent l'activité, puisqu'il est possible que toutes les personnes qui pratiquent pratiquent de manière délibérée depuis dix ans au moins et désirent encore progresser. En revanche, ces critères semblent écarter les problèmes que nous avons attribués à une comparaison qui se ferait avec la population toute entière : les personnes qui se distinguent du reste de la population, au niveau de la performance, après quelques heures de pratique d'une activité peu pratiquée dans la population, respectent le critère de performance mais sont éliminées par le critère des dix années de pratique délibérée. Un critère de performance basé sur une comparaison avec la population tout entière pourrait, de ce point de vue, être réintroduit, en conjonction avec les critères de Montero, sans poser de problème. Mais reste à déterminer « la hauteur à laquelle mettre la barre » pour satisfaire notre objectif qui est d'exclure, par exemple, un nageur comme moi (il y a douze ans); autrement dit, de discriminer entre un tel nageur et un nageur comme Michael Phelps (en 2016). Cette deuxième formulation pourrait suggérer la solution : définir le niveau de performance « par le haut » plutôt que « par le bas ». Le critère pourrait ressembler à ceci : « pour qu'une personne P_1 soit experte, il ne doit pas exister une personne P_2 telle que le niveau de performance de P_2 dépasse celui de P_1 d'une manière x , qui reste à définir ». Avec un critère défini par le haut, on évite notamment le problème suivant : qu'un changement qui n'implique directement ni Michael Phelps ni moi (par exemple l'augmentation du nombre de personnes pratiquant la natation ou l'élévation du niveau de performance moyen de la population en natation) puisse décider de mon appartenance à la même catégorie que Phelps (celle des experts), sans que ma performance ou celle de Phelps n'ait changée.

Maintenant, deux problèmes déjà mentionnés risquent de refaire surface : 1) le problème inhérent à tout critère qui établit une ligne stricte, et 2) le problème de la subjectivité de certains domaines de performance (voir plus haut). Je n'ai pas de solution complète à offrir à ces problèmes. Mais je suggère de rechercher une définition qualitative plutôt que quantitative. Le critère pourrait ressembler à ceci : « pour qu'une personne P_1 soit experte, il ne doit pas exister une personne P_2 telle que au moins plusieurs années de pratique délibérée séparent les niveaux de performance respectifs de P_1 et P_2 ». Un tel critère n'est pas objectivement mesurable. Dans certains domaines, certaines données statistiques (par exemple courbe d'amélioration de la personne, statistiques d'amélioration dans le domaine...) pourraient soutenir le jugement. Mais une part d'interprétation semble inévitable, qui pourrait être réservée au jugement d'experts (au sens de « analystes », de « personnes qui ont des connaissances importantes dans un domaine »).

Pour clore cette réflexion sur la définition d'un expert, j'ajouterai qu'il est possible d'attribuer une fonction différente au critère dont je viens de proposer une ébauche. Plutôt que d'être intégré à la définition d'un expert pour restreindre cette définition, il pourrait servir à distinguer, parmi les experts, une catégorie supérieure (des « super-experts » ou « grands-mâtres »).

1.5. Conclusion

Dans ce chapitre nous avons deux objectifs, clarifier la place attribuée par Hubert Dreyfus à la conscience dans la performance motrice experte, et prendre position par rapport à la théorie de Dreyfus.

Dans la section 1.2 j'ai soutenu que la théorie de Dreyfus admet la présence d'une conscience pré-réfléchie même dans le mode d'activité que Dreyfus désigne parfois comme « inconscient ». Dans la section 1.3, nous avons vu qu'il existe une différence

entre habitude quotidienne et performance experte mais que cette différence ne s'oppose pas à l'idée que l'intentionnalité motrice, si elle est la base de l'habitude quotidienne, puisse aussi être la base de la performance motrice experte. De plus, la phénoménologie de la performance experte (voir les exemples donnés par Csikszentmihalyi et ses collaborateurs, repris dans la section précédente) soutient cette hypothèse. Pour conclure, les arguments présentés dans ce chapitre soutiennent l'idée que l'intentionnalité motrice, impliquant un mode de conscience pré-réfléchi, est la base de la performance motrice experte.

Les réflexions du présent chapitre (notamment la mise en évidence de la différence entre habitude quotidienne et performance experte) nous ont également conduits à préciser notre définition de l'expert de manière à ce que l'effectuation d'une habitude quotidienne ne suffise plus à qualifier une personne d'experte.

Au terme de ce chapitre, deux questions très importantes demeurent ouvertes. Est-ce qu'un mode d'activité pré-réfléchi comme l'intentionnalité motrice peut suffire pour réaliser une performance experte au complet? Quel(s) rôle(s) joue la conscience pré-réfléchi dans les moments où la performance experte est effectuée sur un mode d'activité pré-réfléchi? Pour tenter de répondre à ces questions, nous avons besoin de comprendre plus en détail ce qu'est l'intentionnalité motrice.

Dans le prochain chapitre nous allons quitter la théorie de Dreyfus et même mettre temporairement de côté la question du rôle de la conscience dans la performance experte pour nous intéresser aux processus de niveau subpersonnel qui fondent l'intentionnalité motrice. Cela nous permettra, lorsque nous reviendrons au rôle de la conscience, dans le troisième chapitre, de nuancer différents modes d'activité pré-réfléchi, dans lesquels le rôle de la conscience pré-réfléchi peut aller de marginal (c'est-à-dire ayant peu d'influence sur le déroulement automatique de l'action) à déterminant (monitoring pré-réfléchi). Les ambiguïtés de la théorie de Dreyfus

s'éclairciront alors davantage. Nous comprendrons en effet pourquoi Dreyfus, lorsqu'il décrit l'intentionnalité motrice, peut parfois être tenté de parler d'absence de conscience, et pourquoi à d'autres moments il fait plus de place à une phénoménologie à laquelle on peut difficilement refuser l'étiquette de « conscience pré-réfléchie » (même s'il n'utilise pas cette expression). La compréhension des mécanismes de niveau subpersonnel en jeu dans l'action motrice nous permettra même de concevoir que certains actes cognitifs conscients de manière réfléchie puissent être ancrés dans l'intentionnalité motrice, et donc pas nécessairement en rupture avec elle comme le soutient Dreyfus.

CHAPITRE II

L'INTENTIONNALITÉ MOTRICE AU NIVEAU SUBPERSONNEL D'ANALYSE

2.1. Introduction

Dans le chapitre précédent, l'étude de points de vue phénoménologiques sur l'action motrice nous a conduits à distinguer trois modes d'activité : l'activité non consciente, l'activité consciente pré-réfléchie et l'activité consciente réfléchie³⁵. Dans le présent chapitre, nous allons déplacer notre regard du niveau personnel vers le niveau subpersonnel, de manière à comprendre les fondements neurophysiologiques de ces différents modes d'activité. Ce changement de niveau d'analyse nous permettra (dans le troisième chapitre) de nuancer différents types d'activité pré-réfléchie et de montrer les interactions qui peuvent exister entre les différents modes d'activité.

Le cadre théorique que nous emploierons pour nos analyses de niveau subpersonnel est celui de la théorie des processus prédictifs. En ce qui concerne l'action motrice, la

³⁵ Par souci de simplification, je présente parfois (comme ici) sous la forme d'une trichotomie le continuum qui a pour extrémités le *fonctionnement inconscient ou automatique* et le *fonctionnement conscient réfléchi*. Cette simplification comporte deux dangers. Le premier serait d'oublier que la catégorie intermédiaire « fonctionnement pré-réfléchi » ne réfère pas à un fonctionnement bien précis mais regroupe plutôt un ensemble de fonctionnements qui admettent des degrés variés de conscience pré-réfléchie. Le deuxième danger serait de penser que « automatique », « pré-réfléchi » et « réfléchi » réfèrent à des fonctionnements clairement délimités. En réalité, comme nous allons le voir dans le chapitre III, à un instant donné, la dynamique du contrôle moteur peut comprendre des processus qui correspondent à des types de fonctionnement différents. Lorsque je dis qu'un agent a un fonctionnement d'un certain type à un instant donné, je désigne en fait la tendance dominante de la dynamique à cet instant.

théorie des processus prédictifs intègre à la fois des méthodes et des résultats apparus dans le cadre des théories plus anciennes que sont la théorie des modèles internes et la théorie des systèmes dynamiques. Je vais commencer par présenter les grandes lignes et principaux acquis de ces deux derniers types de théorie avant d'introduire la théorie des processus prédictifs.

Ce chapitre ne sera pas limité au niveau subpersonnel d'analyse. Progressivement, je vais réintroduire des considérations de niveau personnel. En fait, nos analyses de niveau subpersonnel sont motivées par deux objectifs 1) développer une compréhension des processus de niveau subpersonnel qui supportent l'action automatique et non consciente qui soit capable de circonscrire les capacités et limites de ce mode d'activité; 2) développer une compréhension de la manière dont l'activité de niveau personnel émerge de processus de niveau subpersonnel qui permette de commencer à expliquer les interactions dynamiques entre les différents modes d'activité (non consciente, consciente pré-réfléchie et consciente réfléchie).

2.2. La théorie des modèles internes

Selon le neuroscientifique Marc Jeannerod (1997, p.3), « [a] major step in changing views on coordination is the notion of internal models ». Les modèles théoriques des coordinations motrices qui sont basés sur des modèles internes font généralement intervenir deux types de modèles internes, des modèles anticipateurs (*forward models*)³⁶ et des modèles inverses. Nous allons voir comment fonctionnent ces deux types de modèles.

³⁶ La traduction de l'expression anglaise «*forward model*» par « modèle anticipateur » est employée notamment par Jeannerod (2009). Dans la littérature, on rencontre aussi d'autres traductions, notamment « modèle prédictif » (par exemple Buser et Debru, 2011; Proust et Pacherie, 2008), « modèle proactif » (Berthoz, 1997), « modèle direct » (Proust, 2012), ou tout simplement « modèle *forward* » (par exemple Petit, 1997; Proust et Pacherie, 2008). Je préfère éviter le terme « prédictif » pour ne pas induire de

Un modèle anticipateur du système moteur permet de « prédire les conséquences sensorielles des mouvements auto-générés » (Clark 2016, p.112). Une première notion importante pour comprendre les modèles anticipateurs est la notion de « copie d'efférence ».

La plupart des mouvements que nous effectuons, en particulier ceux qui impliquent la tête, entraînent des modifications des signaux générés par nos organes sensoriels. Le cerveau doit pouvoir distinguer entre les modifications des signaux sensoriels qui sont la conséquence directe de nos mouvements (réafférences) et les modifications des signaux sensoriels qui sont causées par des transformations de l'environnement (afférences ou exafférences³⁷). C'est dans le but d'expliquer comment le cerveau effectue cette distinction entre afférences et réafférences que von Holst et Mittelstaedt (1950) ont proposé la notion de « copie d'efférence ». Selon Marc Jeannerod (1997), les chercheurs allemands postulaient que

[...] each time the motor centres sent a command signal to the effector for producing a movement, they also sent a 'copy' of the command (the 'efference copy') to some other center (p. 168).

En même temps que ses collègues allemands, mais indépendamment de leurs travaux, le britannique Sperry (1950), qui s'intéressait aussi au problème des réafférences, propose la notion de « décharge corollaire ». Marc Jeannerod (1997) résume ainsi l'idée de Sperry :

confusion avec la théorie des processus prédictifs dont je parlerai plus loin. Je souhaitais aussi éviter l'anglicisme « modèle *forward* ». Les autres traductions auraient pu nous convenir également.

³⁷ Le terme « afférence » désigne l'ensemble des signaux sensoriels émis par les organes sensoriels à destination du cortex, il inclut les exafférences (signaux sensoriels correspondants à des modifications de l'environnement) et les réafférences (signaux sensoriels causés directement par nos propres mouvements). Dans la littérature, on rencontre fréquemment le couple « afférences-réafférences », dans lequel le terme « afférences » désigne les exafférences. Je reproduis cet usage dans la suite de cette section (sauf indication contraire).

Visual changes produced by a movement of [an] animal were normally 'cancelled' by a corollary discharge...If, however, the corollary discharge did not correspond to the visual changes...these changes were not cancelled and were read by the motor system as having their origin in the external world (p. 168).

Le fait que des expériences différentes, réalisées par des chercheurs qui apparemment ne se connaissaient pas, aient abouti à des explications similaires de la manière dont le cerveau distingue afférences et réafférences tend à renforcer la crédibilité de ces explications. Mais les deux explications sont aussi problématiques. Sperry n'explique pas comment on obtient un signal sensoriel (décharge corollaire) à partir d'une commande motrice. Et l'explication que donnent von Holst et Mittelstaedt de la manière dont une copie d'efférence (signal moteur) permet d'annuler les réafférences (signaux sensoriels) est trop simpliste pour être satisfaisante. Selon eux, la relation entre copie d'efférence et afférence peut se concevoir comme une simple opération arithmétique dans laquelle on attribue une charge positive à la copie d'efférence et une charge négative aux afférences (afférences externes et réafférences) :

We shall arbitrarily label the efference and its copy positive (+), the reafference negative (-). The efference copy and reafference compensate for each other exactly in [lower postural centers]. The original command from [higher centers], can therefore flow down without modification as efference. Should the total afference become too great or too small however, as a result of external influences in the effector, [lower postural centers] will show a positive or negative residual bias. This residual is fed back, often-as we shall see-to the highest centers [...] (von Holst et Mittelstaedt, 1950, p. 50).

Cette explication est trop simpliste car elle néglige la problématique de la « traduction » d'une commande motrice en information sensorielle. En effet, la théorie de von Holst et Mittelstaedt admet le postulat, très largement admis à cette époque, selon lequel une commande motrice et une information sensorielle sont de natures différentes³⁸. Une commande motrice descend du cortex (moteur) vers les muscles via la moelle épinière,

³⁸ Nous verrons dans la section sur la théorie des processus prédictif que cette théorie admet le postulat inverse.

et spécifie des contractions musculaires. Alors qu'une information sensorielle remonte des récepteurs sensoriels vers les aires sensorielles du cortex et définit un état du monde extérieur dans une des modalités sensorielles que possède un organisme. Ainsi, il semble un peu rapide de prétendre pouvoir simplement soustraire des afférences à une copie d'efférence. Pour un mouvement donné, il est pour le moins improbable que le codage neuronal des contractions musculaires soit équivalent, en termes de potentiels d'actions propagés, au codage neuronal des informations sensorielles engendrées par ce mouvement (réafférences). Or c'est ce que présupposaient implicitement les formulations originaires des notions de copie d'efférence et de décharge corollaire.

Ainsi, chacune des deux théories, celle de von Holst et Mittelstaedt et celle de Sperry, est insuffisante pour résoudre le problème des réafférences, lorsque celui-ci est suffisamment développé. La copie d'efférence n'est que le début de la solution : lorsqu'un mouvement est effectué, il faut non seulement qu'une commande motrice soit envoyée aux effecteurs, mais aussi qu'une copie de cette commande (copie d'efférence) soit envoyée ailleurs, de manière à ce que la commande du mouvement soit connue par un autre système. La décharge corollaire n'est que la fin de la solution : pour que les conséquences sensorielles d'un mouvement (réafférences) ne soient pas confondues avec les modifications de l'environnement (afférences ou exafférences), les systèmes sensoriels doivent avoir reçu une prédiction des réafférences (décharge corollaire) avant que ces dernières ne se produisent réellement. Mais, connaître la commande d'un mouvement n'est pas connaître les conséquences sensorielles de ce mouvement. Dans les deux théories, la mise en relation des informations motrices avec les informations sensorielles n'est pas expliquée. Ou, comme je l'ai écrit plus haut, l'important problème de la « traduction » a été négligé dans les deux cas.

Dans les années 1980-90, plusieurs chercheurs ont repris les notions de copie d'efférence et de décharge corollaire, mais cette fois en pointant directement le problème que je viens de mentionner. C'est ce qui les a conduits à distinguer plus

clairement les notions de copie d'efférence et de décharge corollaire, et à concevoir la notion de « modèle anticipateur ». Par exemple, dans le modèle théorique proposé par Miall et Wolpert (1996), c'est un modèle anticipateur qui permet de transformer, ou « traduire », une copie d'efférence (signal moteur) en décharge corollaire (signal sensoriel)³⁹. Suivant ces auteurs, une décharge corollaire est un signal sensoriel interne anticipé, ou prédit, par un modèle interne, à partir de la copie d'efférence d'une commande motrice.

Comme nous l'avons vu, les notions de copie d'efférence et de décharge corollaire ont d'abord été conçues pour expliquer comment notre cerveau distingue l'information sensorielle produite par nos propres mouvements (qui ne donne pas lieu à des perceptions) de l'information sensorielle produite par notre environnement (qu'il est pertinent de percevoir). Mais, rapidement, les concepteurs de ces notions ont vu que le rôle de celles-ci pouvaient ne pas être limité à une fonction perceptive et qu'elles pouvaient jouer un rôle dans le contrôle moteur. Dans les théories des modèles internes qui ont été proposées ultérieurement, les modèles anticipateurs jouent, eux aussi, un rôle dans la perception et un rôle dans le contrôle moteur. C'est ce dernier qui nous intéresse plus particulièrement ici. Les modèles anticipateurs peuvent contribuer au contrôle moteur de deux manières.

³⁹ Une lecture attentive des textes de Sperry (1950) et de von Holst et Mittelstaedt (1950) révèle que, dès leurs origines, les notions de *copie d'efférence* et de *décharge corollaire* n'étaient pas tout à fait synonymes. Von Holst et Mittelstaedt conçoivent la *copie d'efférence* comme un signal moteur, puisqu'elle est un signal neuronal strictement corrélé à une commande motrice (von Holst et Mittelstaedt, 1950, p. 50), alors que Sperry conçoit la *décharge corollaire* comme un signal sensoriel, puisque celle-ci se situe « into the visual [or other sense modalities] centers » (Sperry 1950, p. 488). Miall et Wolpert (1996) accentuent cette nuance dans leur reprise des deux notions en employant systématiquement « copie d'efférence » pour désigner le signal moteur qui se trouve à l'entrée du modèle forward et « décharge corollaire » pour désigner le signal sensoriel qui se trouve à la sortie du modèle forward. D'autres auteurs contemporains font le choix différent de considérer *copie d'efférence* et *décharge corollaire* comme des synonymes. Au besoin, ces derniers doivent préciser quel est le format (moteur ou sensoriel) de la copie d'efférence (ou décharge corollaire), au moment où on la considère. L'usage proposé par Miall et Wolpert dispense de cette précision. Pour cette raison, cet usage me semble plus clair et je décide l'adopter dans la suite du texte.

Premièrement, lorsque les modèles anticipateurs sont bien entraînés, des ajustements des mouvements sont effectués en fonction de la comparaison entre les conséquences sensorielles désirées et les conséquences sensorielles prédites par le modèle anticipateur, sans attendre les rétroactions sensorielles réelles. Ce fonctionnement, de niveau subpersonnel, sous-tend, au niveau personnel, comportemental, un fonctionnement maximallement « automatique ». On a parlé aussi de contrôle « en boucle fermée », pour désigner le fait qu'aucune rétroaction externe n'est prise en compte.

Le deuxième type de contrôle moteur permis par les modèles anticipateurs consiste à comparer la prédiction des conséquences sensorielles de nos mouvements avec les rétroactions (feedbacks) sensorielles réelles. Cette comparaison permet de produire un signal d'erreur. Les signaux d'erreur peuvent être utilisés pour corriger nos mouvements à l'instant suivant de manière à réduire l'erreur (ajustement en ligne) et/ou corriger le modèle anticipateur qui va s'appliquer sur les mouvements suivants (apprentissage). Les modèles anticipateurs permettent ainsi d'expliquer comment les rétroactions sensorielles peuvent être prises en compte pour effectuer des corrections extrêmement rapides de nos mouvements. Parce qu'il « sait » à quoi devrait ressembler le signal sensoriel de rétroaction, le système n'a pas besoin de traiter toute l'information sensorielle mais seulement l'information qui diffère de la prédiction, c'est-à-dire le signal d'erreur. Au niveau personnel d'analyse, ce deuxième type de contrôle moteur, bien que moins automatique que le contrôle en boucle fermée que nous avons vu précédemment, est parfois aussi qualifié d'*automatique* parce qu'il permet un traitement des rétroactions sensorielles qui demeure sous le seuil de la perception consciente.

Les modèles anticipateurs expliquent comment les mouvements sont ajustés pour atteindre un but, cependant, ils n'expliquent pas comment les mouvements sont générés

au départ. Pour comprendre cela, un autre type de modèle est requis, en complément des modèles anticipateurs :

Motor control, at least in the dominant ‘internal model based’ formulations, requires the development and use not simply of a forward model but also of a so-called inverse model (Kawato, 1999; cité dans Clark, 2016, p. 117).

Nous allons donc maintenant nous intéresser aux modèles inverses. La fonction des modèles inverses peut être résumée en comparaison avec celle des modèles anticipateurs. Dans la théorie des modèles internes, la fonction des modèles inverses est de traduire des intentions, c’est-à-dire des représentations d’états désirés, en représentations motrices, directement compréhensibles par le système moteur :

Where the forward model maps current motor commands to predicted sensory effects, the inverse model (also known as a controller) ‘performs the opposite transformation ... determining the motor command required to achieve some desired outcome’ (Wolpert *et al.*, 2003; cités dans Clark, 2016, p. 117).

Dans les termes du philosophe John Searle, il s’agit de traduire des intentions préalables (« *prior intentions* ») en intentions-en-action (« *intentions-in-action* »). Dans les termes de la philosophe Élisabeth Pacherie⁴⁰, il s’agit de traduire des intentions-présentes en intentions-motrices.

Les théoriciens des modèles inverses ont longtemps pensé que le rôle de ces modèles devait être de prédire le détail des mouvements nécessaires pour réaliser une action de

⁴⁰ La théorie des intentions proposée par Élisabeth Pacherie (2006) est basée sur celle de Searle (1980). Pacherie propose trois niveaux d’intentions (intentions-futures, intentions-présentes, intentions-motrices) plutôt que deux (*prior-intentions* et *intentions-in-action*), chez Searle. Les intentions-futures correspondent aux intentions-préalables les plus abstraites. Les intentions-présentes ne sont pas encore compréhensibles par le système moteur mais tiennent compte du contexte présent (opération qui était, dans la théorie de Searle, incluse dans le niveau des intentions-en-action). Selon Pacherie, les intentions motrices sont implémentées par le système moteur.

manière optimale. Par exemple, dans l'action de saisie, le modèle inverse prédirait la trajectoire idéale de la main (et éventuellement celle du coude).

Mais, en 2002, Todorov et Jordan ont proposé une stratégie computationnelle plus économique : « [t]his strategy does not enforce a desired trajectory, but uses feedback more intelligently, correcting only those deviations that interfere with task goals » (p. 1226). L'avantage de ce type de contrôle est qu'il n'est pas nécessaire de prédire tout le mouvement en détail :

By postponing decisions regarding movement details until the last possible moment, this control law takes advantage of the opportunities for more successful task completion that are constantly created by unpredictable fluctuations away from the average trajectory (Todorov et Jordan, 2002, p. 1227).

Todorov et Jordan parlent d'un « principe d'intervention minimum » (Todorov et Jordan, 2002, p. 1228). Une métaphore peut aider à comprendre l'essentiel de ce principe. Pour rejoindre une destination en automobile, on peut être assisté d'un « co-pilote » qui possède un trajet imprimé. À chaque fois que nous allons dévier de cette trajectoire idéale par erreur, notre co-pilote va intervenir en nous demandant de faire demi-tour pour revenir sur le trajet idéal; chaque détour est pure perte de temps et de carburant. De plus, si notre trajet idéal est bloqué par de la construction, nous ne savons plus quoi faire. Une alternative consiste à saisir la destination visée dans un GPS (système de guidage basée sur une géolocalisation par satellite). Lorsque nous allons dévier de cette trajectoire idéale par erreur, le GPS va nous laisser aller et calculer un nouveau trajet vers la destination visée; il nous demandera de faire demi-tour seulement si nous nous en allons dans une direction opposée à la destination finale. Pour un conducteur qui a l'habitude de s'écarter du trajet optimal et qui conduit dans un environnement aux contraintes imprévisibles (par exemple la construction), la seconde option est plus optimale que la première (c'est pourquoi elle s'est imposée dans les pratiques). La complexité du système moteur fait qu'il s'écarte fréquemment de ce qui

serait une trajectoire optimale; et l'environnement dans lequel nous agissons comporte souvent des contraintes imprévisibles. Ainsi une stratégie incluant le principe d'intervention minimum semble optimale dans le cas du contrôle moteur.

Modèles anticipateurs et modèles inverses sont souvent associés dans les modèles théoriques appartenant à la théorie des modèles internes. Parmi ces modèles théoriques, certains proposent que de multiples paires de modèles anticipateurs et inverse fonctionnent en parallèle (voir Wolpert et Kawato, 1998).

Cependant, la théorie des modèles internes postule une distinction entre actions ou mouvements désirés et actions ou mouvements réalisés, ce qui pose le problème dit de l'homoncule. En effet, cette théorie explique le *contrôle* de l'action, c'est-à-dire qu'elle explique comment le cerveau assure que les actions ou mouvements réalisés correspondent bien aux actions ou mouvements désirés. Mais la théorie des modèles internes laisse inexplicite l'origine des actions ou mouvements désirés. C'est pour cette raison que les critiques de cette théorie lui reprochent de supposer implicitement la présence (problématique) d'un homoncule dans le cerveau.

Le terme « homoncule » vient du latin *homonculus* qui signifie « petit homme ». En philosophie de l'esprit et en sciences cognitives, on dit qu'une théorie fait intervenir un homoncule lorsqu'elle attribue à une partie du cerveau des capacités que seul un être humain entier peut avoir (par exemple la rationalité). Une telle théorie présuppose implicitement l'existence d'un agent ou organe intelligent à l'intérieur du cerveau. L'agent intelligent est appelé caricaturalement « homoncule » par ceux qui dénoncent le fait qu'une telle « solution » est illusoire puisqu'elle entraîne une régression à l'infini : pour expliquer le comportement de l'homoncule, on devra introduire un homoncule dans l'homoncule, etc.

On peut reprocher à la théorie des modèles internes qu'elle explique le contrôle moteur en présupposant des intentions (ou actions désirées) toutes faites, sans en expliquer l'origine, et donc qu'elle implique un problème de l'homoncule. Ce problème a motivé certains chercheurs à développer des théories du contrôle moteur qui ne présupposent pas des intentions toutes faites.

Dans les années 1980, une théorie alternative à la théorie des modèles internes a aussi commencé à être développée, parallèlement, comme le notait Alain Berthoz (1997) à la fin du siècle dernier :

Cette théorie des modèles internes des propriétés dynamiques du corps est une façon de rendre compte de la capacité du cerveau à simuler les relations avec l'environnement pour anticiper. Mais elle n'est pas la seule... Depuis quelques années, une autre école de pensée part d'un point de vue différent, celui de la théorie des systèmes dynamiques (p. 194).

Dans la prochaine section, nous allons nous intéresser à la théorie des systèmes dynamiques.

2.3. La théorie des systèmes dynamiques

La théorie des modèles internes est avancée par ses avocats comme une solution au problème de la coordination des degrés de liberté⁴¹ du système moteur. Mais certains pensent que la complexité du système moteur (due à la multitude de combinaisons possibles dans les interactions entre les nombreux degrés de liberté) rend inadéquate

⁴¹ Les degrés de liberté d'un système sont les paramètres de ce système qui peuvent varier indépendamment les uns des autres. Dans le cas d'un appareil moteur, les degrés de liberté sont les paramètres qui, en variant, donnent lieu à des mouvements différents. Ce sont donc les paramètres qui doivent être contrôlés pour assurer un contrôle global de l'appareil moteur. Par exemple, chaque plan dans lequel une articulation peut être mobilisée constitue un degré de liberté.

toute théorie basée sur un principe de causalité linéaire (par exemple une théorie qui peut être représentée sous forme de boîtes et de flèches unidirectionnelles); et que le concept de rétroaction (*feedback*), en formant des boucles, ne résout pas le problème. Ainsi Kelso (1995, p. 8) affirme :

[L]inear causality [...] underlies most of modern physiology and psychology, with its inputs and outputs, stimuli and responses. Some might argue that the concept of feedback closes the loop, as it were, between input and output. This works fine in simple systems that have only two parts to be joined, each of which affects the other. But add a few more parts interlaced together and very quickly it becomes impossible to treat the system in terms of feedback circuits. In such complex systems, as W. Ross Ashby elegantly pointed out years ago, the concept of feedback is inadequate.

Les critiques de ce type conduisent à penser que les théories basées sur une causalité linéaire ne peuvent résoudre le problème de la complexité qu'en introduisant un agent intelligent dans le système. Autrement dit, comme pour la question de l'origine des intentions, on fait intervenir l'équivalent d'un homoncule. Comme nous l'avons vu, montrer qu'une solution repose (implicitement) sur un homoncule, c'est montrer que cette solution est illusoire puisqu'elle comporte la possibilité d'une régression à l'infini. Ceux qui supportent ce genre de critique proposent de chercher la solution dans la complexité elle-même, en regardant du côté de la théorie des systèmes dynamiques.

L'idée est donc d'aborder le vivant comme n'importe quel autre système complexe qui n'est pas en équilibre stable. Quand on examine l'activité des microcomposants d'un tel système, on observe des interactions et des fluctuations constantes. Des « patterns » émergent de ces fluctuations, de manière auto-organisée. Le concept de métastabilité permet de résoudre la tension entre instabilité (fluctuations) et stabilité (émergence de patterns). La métastabilité désigne le fait que l'activité instable au niveau des microcomposants permet l'émergence d'une stabilité temporaire au niveau des interactions; comme l'écrit Rietveld (2008, p. 348) :

Metastability concerns the relation between parts and whole: the individual parts [...] show at the same time tendencies to function autonomously and tendencies for coordinated activity.

Ce qu'il y a d'intéressant avec les processus auto-organisationnels c'est que « self-organization in complex systems is not a completely blind process in which any random pattern can result » (Davids *et al.*, 2008, p. 31). Bien entendu, « not completely blind » ne veut pas dire qu'une forme d'intelligence contrôle le processus. Au contraire, l'une des principales forces des théories des systèmes dynamiques est que l'émergence se produit « without any agent-like entity ordering the elements, telling them when and where to go » (Kelso, 1995, p. 1). Dans ce contexte, « not completely blind » signifie que, bien qu'aucune corrélation de un à un ne puisse être établie entre les microcomposants d'un système, lorsqu'on les considère collectivement et sur une période étendue, les comportements d'ensemble de microcomposants tendent à évoluer de manière relativement stable, selon des patterns repérables. Les patterns d'organisation les plus stables sont appelés « attracteurs » (Davids *et al.*, 2008, p. 32)⁴². Dans un système complexe, les patterns émergent sous certaines contraintes. Selon Newell (1986), dans le cas des systèmes moteurs, les contraintes peuvent être classifiées en trois catégories : elles relèvent soit de l'environnement, soit de l'organisme, soit de la tâche.

Kelso a appliqué la théorie des systèmes dynamiques à l'étude de comportements moteurs relativement simples. Dans une tâche devenue paradigmatique de ces recherches, les sujets devaient bouger leurs deux index à la même fréquence d'un côté

⁴² Il n'y a pas de véritable stabilité dans un système dynamique. La « stabilité » dont il est question ici est, comme je l'ai mentionné dans la phrase précédente, une stabilité relative : cette stabilité est seulement temporaire. De plus, comme je l'ai mentionné plus haut dans ce paragraphe, il s'agit d'une métastabilité : au moment où un pattern relativement stable est repéré au niveau d'un ensemble de variables, les variables qui composent ce pattern ne sont pas nécessairement stables. Au contraire, la métastabilité caractérise généralement des états qui émergent à partir d'une importante instabilité des variables individuelles.

à l'autre. Evan Thompson (2007, p. 41) résume ainsi ce que Kelso (1981, 1984) a observé :

At low speeds, there are two comfortable coordination patterns (the system is bistable): either the fingers move in-phase (equivalent muscle groups in each hand contract simultaneously) or anti-phase (equivalent muscle groups alternate in their contraction and expansion). As the speed gradually increases, the in-phase pattern becomes unstable, and eventually at a certain critical frequency the fingers spontaneously switch to an anti-phase pattern (the system undergoes a bifurcation).

La transition d'une coordination à l'autre peut émerger des propriétés auto-organisatrices du système moteur, sans avoir été décidée (consciemment par l'agent, ou au niveau subpersonnel par un centre de décision de type homoncule) :

The sudden phase transitions from one state of coordination to the other were not brought about by some intentional change prescribed by the participant, but through the self-organizing properties of the motor system (Davids *et al.*, 2008, p. 38).

Un des avantages de la théorie des systèmes dynamiques est donc qu'elle permet de comprendre les coordinations motrices sans présupposer qu'elles sont entièrement spécifiées (degré de liberté par degré de liberté) par un centre de contrôle (homoncule). Nikolaï Bernstein (voir Turvey *et al.*, 1982) avait montré que le nombre de degrés de liberté d'un appareil moteur, même peu complexe, est tellement grand⁴³ qu'une théorie dans laquelle chaque degré de liberté est spécifié séparément est intenable. Bernstein proposait que la solution à ce problème des degrés de liberté résidait en partie dans le fait que les individus, lorsqu'ils commencent à apprendre une nouvelle habileté,

⁴³ Si on considère seulement un bras humain, et si on situe les degrés de liberté au niveau des articulations, on obtient sept degrés de liberté (trois dimensions de mobilité pour l'épaule, deux pour le coude et deux pour le poignet). Si on situe les degrés de liberté au niveau des muscles de ces articulations, on obtient un minimum de vingt-six degrés de liberté pour le bras (en mettant de côté les muscles stabilisateurs de l'épaule). Et si on situe les degrés de liberté au niveau des unités motrices, on obtient (avec une estimation très conservatrice de cent unités motrices par muscle en moyenne) 2600 degrés de liberté pour un bras (voir Turvey *et al.*, 1982).

emploient (pas forcément consciemment) une stratégie qui consiste à « geler » (*to freeze*) certains degrés de liberté, de manière à réduire le nombre des degrés de liberté qui doivent être activement contrôlés. Cette réduction des degrés de liberté s'accomplit en établissant des liens fixes entre différents muscles, de sorte que ces muscles sont contraints à fonctionner conjointement. On dit qu'une *synergie* est créée entre les différents muscles. Nous pouvons considérer une métaphore de ce mécanisme : relier les systèmes directionnels de deux roues disposées parallèlement sur un véhicule au moyen d'une barre rigide revient à contraindre les deux roues à changer d'orientation toujours simultanément et de manière équivalente; en faisant cela on passe de deux à un seul degré de liberté. Avec l'expérience, les synergies initiales sont progressivement « relâchées » et les degrés de liberté « dégelés » afin de permettre de réorganiser ces derniers dans de nouvelles synergies, plus performantes⁴⁴. L'étude des coordinations motrices au moyen de la théorie des systèmes dynamiques fait apparaître des coordinations locales, dont les paramètres de contrôle sont subordonnés à des coordinations de niveau supérieur. Ainsi une coordination globale de l'appareil moteur est définie par quelques paramètres de contrôle seulement. Cette approche des coordinations de l'appareil moteur redéfinit le problème de la cognition motrice : quel que soit le système cognitif⁴⁵ qui assure le contrôle moteur, celui-ci n'a plus à spécifier individuellement chaque degré de liberté de l'appareil moteur mais seulement à coordonner des coordinations locales auto-organisées. Ceci semble confirmer la solution proposée par Bernstein au problème des degrés de liberté.

Plus tard, la théorie des systèmes dynamiques a été appliquée à des coordinations motrices plus complexes (c'est-à-dire comportant un plus grand nombre de degrés de

⁴⁴ Remarquons que les degrés de libertés sont « dégelés » seulement dans la mesure où ils sont intégrés à de nouvelles synergies et non pour devenir totalement libres, auquel cas on retomberait sur le « problème des degrés de liberté ».

⁴⁵ Nous verrons plus loin dans cette section que le système cognitif qui assure le contrôle moteur peut lui-même être conçu comme un système dynamique auto-organisé.

liberté). Voici quelques exemples d'activités dans lesquelles les coordinations ont été étudiées au moyen de la théorie des systèmes dynamiques : le « dribble » au basketball (Davids *et al.*, 2006), le service au volleyball (Temprado, 2011), chacun des quatre styles de nage de la natation sportive (voir, par exemple : Seifert *et al.*, 2007), ou encore, différentes variantes du pédalo (Chen *et al.*, 2005).

Ainsi, par exemple, Seifert *et al.* (2007) ont étudié l'évolution des coordinations dans le passage de novice à expert au style de nage *papillon*. Ils ont observé que la vitesse et la fréquence des cycles de nage (*stroke rate*) agissent comme des paramètres de contrôle dans les coordinations entre membres supérieurs et membres inférieurs. Dans cette approche, les paramètres temporels (fréquence de cycles, vitesse) apparaissent donc comme des déterminants intrinsèques des coordinations. Les coordinations sont donc considérées comme des dynamiques plutôt que comme des programmes figés, indépendants des paramètres temporels, et qui pourraient être exécutés à différentes vitesses, sans modifications autres qu'un certain « bruit ». L'approche dynamique, parce qu'elle permet de prendre en considération, dans l'étude d'une coordination, des variables appartenant à différents sous-systèmes (par exemple corps, environnement, spécifications de la tâche, etc), en les mettant sur le même plan, répond ainsi à un deuxième problème identifié par Nikolaï Bernstein (voir Turvey *et al.* 1982) dans les théories plus classiques du contrôle moteur. Bernstein avait mis en évidence la nécessité de prendre en compte la variabilité contextuelle des coordinations motrices (ce que ne faisaient pas les théories classiques), notamment ce qu'il appelait les « forces non-musculaires », telles que les forces dues à la gravité, les forces réactives qu'exercent une articulation sur une autre, et les changements de moment d'inertie résultant des mouvements. Dans le cas d'un nageur, il est certain que les forces non-musculaires varient avec la fréquence de cycles de nage et la vitesse. Mettre ces variables sur le même plan que les positions de segments anatomiques de l'appareil moteur pour étudier les interactions dynamiques entre toutes ces variables, correspond

bien à la prise en compte de la variabilité contextuelle des coordinations motrices exigée par Bernstein.

Les exemples d'applications de la théorie des systèmes dynamiques donnés jusqu'à maintenant concernaient des études de niveau comportemental. Il existe aussi des études dans le cadre de l'approche des systèmes dynamiques qui incluent parmi les variables du système des données neurophysiologiques, en plus des variables comportementales (par exemple Kelso, 1995; Freeman, 1999; Friston, 1997).

Mais il faut d'abord déterminer quelles données neurophysiologiques doivent être prises en compte. L'activité cérébrale met en permanence en jeu des millions voir des milliards de neurones. Non seulement il est (présentement) impossible d'enregistrer l'activité individuelle de chaque neurone, mais surtout, même si un tel enregistrement était possible, représenter individuellement l'activité de chaque neurone produirait un modèle incompréhensible. Un modèle a pour vocation d'être significativement moins complexe que le phénomène qu'il modélise. Un modèle de système dynamique doit donc comporter un nombre de variables significativement moindre que le système modélisé. En général, c'est la question de recherche qui détermine quelles variables du système sont représentées. Les dynamiciens qui prennent en compte des données neurophysiologiques considèrent généralement la fréquence d'activation (*firing*) des neurones, c'est-à-dire la fréquence des potentiels d'action qui parcourent l'axone du neurone, comme étant la variable la plus pertinente pour étudier les dynamiques du cerveau. En quoi la prise en compte de cette variable permet de réduire le nombre de variables à modéliser? C'est que les neurones qui, temporairement, forment un système dynamique ont tendance à synchroniser leurs fréquences d'activation, que ce soit à l'intérieur d'une région cérébrale ou lorsque différentes régions du cerveau fonctionnent ensemble :

Varela and Thompson (2003) propose “that the mechanism that makes numerous widely distributed brain areas function together for a short period of time (a period of a few hundreds of milliseconds) is synchronization of neuronal subpopulations by means of transient phase locking” (Rietveld, 2008, p. 349).

Certains modèles de systèmes dynamiques qui incluent le cerveau comme sous-système ont pour variables les fréquences d’activation de *populations* de neurones synchrones, mesurées au moyen d’un électroencéphalographe (EEG), plutôt que l’activité de neurones individuels. Ceci réduit considérablement le nombre de variables à prendre en compte. Selon certains dynamiciens, cette approche de la cognition pourrait même permettre d’étudier les dynamiques de l’expérience consciente. Ainsi, Varela a proposé que « [the] dynamic of synchronization and desynchronization is the neural basis for what we experience as the present cognitive moment » (Thompson, 2007, p. 333). Cette idée est importante pour ce qui nous intéresse (déterminer le rôle de la conscience dans le contrôle de l’action). Nous avons vu qu’un des principaux avantages de l’approche dynamique est qu’elle permet d’expliquer les comportements moteurs sans présupposer qu’ils ont leur origine dans, et/ou qu’ils sont entièrement contrôlés par, un centre intelligent (l’esprit conscient ou un homoncule non conscient). Mais l’idée que l’approche dynamique pourrait permettre d’étudier les dynamiques de l’expérience consciente signifie, si elle est juste, que le type d’explication dont je viens de parler n’implique pas nécessairement de marginaliser la conscience. Nous nous intéresserons, plus loin, à des applications de cette idée qui nous permettront d’améliorer notre compréhension de l’émergence de l’expérience consciente dans la dynamique de l’action.

Pour conclure cette section sur la théorie des systèmes dynamiques, revenons une dernière fois sur l’avantage que je viens de rappeler, à savoir que cette théorie permet d’expliquer comment nos comportements peuvent s’ajuster à notre environnement, sans faire appel à un centre de contrôle. En termes philosophiques, cela signifie que la théorie des systèmes dynamiques permet de dépasser les conceptions intellectualistes

de l'action, selon lesquelles un centre cognitif traite l'information sensorielle puis planifie des actions en fonction de l'information sensorielle traitée. Dans la théorie des systèmes dynamiques, les variations environnementales contraignent directement le système moteur. Toutefois, nos comportements moteurs ne sont pas seulement ajustés aux micro-variations de l'environnement physique. Nos comportements moteurs tiennent compte également, par exemple, de la fonction des objets. Comme le remarque Marc Jeannerod (2009, p. 65),

[o]n ne saisit pas de la même manière un marteau, un tournevis ou un stylo. Le fait de connaître ces outils et de savoir à quoi ils servent contribue à la façon dont on les saisit. Les attributs abstraits de l'outil sont donc l'objet d'un traitement de niveau plus élevé que ses attributs immédiats de forme ou de poids.

Se pose alors le problème de l'intégration de ces deux niveaux de traitement : le traitement « de bas niveau » des attributs immédiats comme la forme ou le poids, qui peuvent modifier notre comportement avant même d'être identifiés comme forme ou comme poids, et le traitement « de niveau plus élevé » qui tient compte de la fonction de l'objet.

Dans le cadre de la théorie des systèmes dynamiques, cette intégration s'explique de la manière suivante. Lorsqu'il y a intégration, on n'observe pas l'émergence de deux comportements opposés, un adapté aux attributs immédiats mais négligeant la fonction de niveau supérieur, et vice-versa, suivant le comportement qui l'emporte. Lorsqu'il y a intégration, on observe plutôt deux niveaux de contrainte qui contraignent un unique comportement. Cette explication est acceptable, mais elle manque un peu de précision. En particulier, elle ne permet pas d'expliquer quels sont les poids respectifs de ces deux niveaux de contrainte sur le comportement (ou dans la cognition en générale). Une des branches suivant laquelle l'approche dynamique des sciences cognitives s'est développée offre une explication plus détaillée de ce point, et permet donc de résoudre de manière plus complète la tension entre contraintes de haut et de bas niveau dans la

cognition. Je parle de la théorie des processus prédictifs, à laquelle nous allons nous intéresser dans la section suivante.

2.4. La théorie des processus prédictifs

2.4.1. Introduction

Chercher à expliquer la cognition en tenant compte à la fois de contraintes de haut niveau et de contraintes de bas niveau revient à reconnaître qu'il est nécessaire de dépasser l'opposition, classique en philosophie de l'esprit, entre intellectualisme et empirisme. Cette opposition a polarisé une large part des travaux portant sur l'action motrice en neurosciences cognitives, jusqu'à très récemment. Dans ce domaine, l'opposition conceptuelle entre intellectualisme et empirisme est opérationnalisée sous la forme d'une opposition entre des approches « centralistes » et des approches « périphéralistes » (voir Jeannerod, 2009). Sans entrer dans les détails, disons que dans les approches centralistes, que l'on peut associer à une conception intellectualiste, le cerveau sélectionne des représentations d'actions en fonction de ses connaissances. Alors que dans les approches périphéralistes, qui se rapprochent plus d'une conception empiriste, les mouvements sont déclenchés par les signaux sensoriels.

Nous avons vu, à la fin de la section précédente, que l'application de la théorie des systèmes dynamiques aux sciences cognitives a permis de commencer à réconcilier ces deux visions, en les intégrant dans une seule explication à deux niveaux de contrainte. La théorie des processus prédictifs⁴⁶ est une application particulière de la théorie des

⁴⁶ En employant l'expression « théorie des processus prédictifs » je ne réfère pas à un modèle particulier mais plutôt à un large ensemble de modèles ayant en commun, entre autres traits, d'être basés sur le principe de minimisation de l'erreur prédictive et sur l'inférence bayésienne. Cet ensemble inclut donc notamment le modèle du codage prédictif bayésien (Bayesian predictive coding) de Friston (2003), le modèle de la minimisation de l'erreur prédictive (prediction-error minimization) de Hohwy (2013) et le modèle du traitement prédictif (*predictive processing*) de Andy Clark (2016). À noter que les références

systèmes dynamiques à la cognition. Cette théorie me semble bien placée pour dépasser l'opposition entre intellectualisme et empirisme en sciences cognitives, et en particulier l'opposition entre approches centralistes et périphéralistes en neurosciences cognitives de l'action, de manière plus complète que ne le font d'autres approches dynamiques des sciences cognitives, c'est-à-dire en fournissant des explications plus détaillées de l'intégration entre contraintes de haut et de bas niveaux.

La théorie des processus prédictifs modélise la cognition, d'un point de vue computationnel, comme un modèle génératif hiérarchique (*hierarchical generative model*)⁴⁷. Un modèle génératif est la distribution conjointe d'une collection de variables aléatoires (Metzinger et Wiese, 2017, p. 10). La théorie des processus prédictifs modélise donc des états d'ensemble (distributions conjointes) de variables, autrement dit des états systémiques. De plus, elle modélise les interactions temporelles entre ces états, autrement dit des interactions dynamiques. La théorie des processus prédictifs est donc une application particulière de la théorie des systèmes dynamiques. Dans le passage qui suit, qui formule plusieurs principes de base de la théorie des processus prédictifs, l'appartenance de cette théorie à la famille des théories des systèmes dynamiques apparaît clairement :

Let us call the set of all possible states in which an organism could be its *state space*, where a state is defined by the current sensory signals received by the organism's sensory system. In principle, we can now define a probability distribution over this state space which assigns probabilities to the different regions in this space and describes how likely it is to find the organism in the respective regions during its lifetime. Certain regions will have a high probability (e.g., a fish is likely to be found in water); others will have a low probability (a fish is unlikely to be found outside of water). Furthermore, *most* regions of state

croisées sont nombreuses entre ces différents modèles, ainsi que d'autres. Lorsque seront abordés des points qui ne font pas consensus à travers l'ensemble des modèles, je le mentionnerai.

⁴⁷ Plus loin, nous nous intéresserons à l'implémentation biologique des principes computationnels de la théorie des processus prédictifs. Nous pourrions alors paraphraser ce que je viens d'écrire et dire que la théorie des processus prédictifs modélise *le cerveau* comme un modèle génératif hiérarchique.

space will have a low probability (because there are so many deadly situations). Formally, this means that the *entropy* of the probability distribution is low (it would be maximal if it assigned probabilities uniformly to the different regions of state space; see below for a simple formal example). With this probability distribution in hand, we can now make a bet on where in its state space the organism will be found, if observed at an arbitrary moment during its lifetime. Since the distribution assigns extremely low probabilities to most regions of state space, we can make a fairly precise guess (e.g., we can guess that a fish will be in water, that a freshwater fish will be in fresh water, and so on) (Metzinger et Wiese, 2017, p. 18).

Ainsi, les avantages de la théorie des systèmes dynamiques pour expliquer la cognition, et en particulier le contrôle moteur, que j'ai relevés dans la section précédente, peuvent être attribués à la théorie des processus prédictifs. Notamment, la théorie des processus prédictifs explique la cognition (incluant le contrôle moteur) sans faire intervenir un centre de contrôle (de type homoncule), parce qu'elle est « [r]ooted in the dynamics of self-organization » (Clark, 2016, p. 1).

La théorie des processus prédictifs présente l'avantage d'être une théorie unifiée de la cognition, dans le sens où elle propose un unique mécanisme comme principe explicatif de base de l'ensemble des fonctions cognitives, d'une manière qui suggère une connexion étroite avec l'architecture cérébrale (notamment corticale). Afin de comprendre comment fonctionne ce mécanisme de base, nous commencerons par nous intéresser à la manière dont la théorie des processus prédictifs explique la perception. Ceci nous permettra de comprendre, entre autres choses, comment la théorie des processus prédictifs explique l'intégration des contraintes de haut et de bas niveaux dont je viens de parler. Les chercheurs qui s'intéressent à la perception sont nombreux à prendre pour point de départ le postulat selon lequel le « problème de la perception » consiste à expliquer comment le cerveau infère des causes (des objets et événements du monde) à partir de certains effets (les signaux sensoriels que lui transmettent les

organes sensoriels)⁴⁸. Ce problème est rendu particulièrement complexe par le fait que, dans la plupart des situations, plusieurs causes pourraient être responsables des stimulations affectant nos sens, et donc plusieurs hypothèses pourraient expliquer celles-ci, car, comme le rappelle Jakob Hohwy (2013, p. 13) :

In our complex world, there is no one-one relation between causes and effects, different causes can cause the same kind of effect, and the same cause can cause different kinds of effect.

Pour cette raison, les inférences que le cerveau réalise sont rarement des déductions dont la vérité de la conclusion est certaine. La plupart du temps, notre cerveau réalise des inférences probabilistes : les prédictions (ou hypothèses) qu'il sélectionne sont seulement probables, elles comportent un certain degré d'incertitude. Pour que nos comportements soient adaptés à nos buts et à notre environnement, le cerveau doit être capable d'estimer le degré d'incertitude de ses prédictions et de réviser ses prédictions pour tenir compte de nouvelles données. C'est précisément ce que l'inférence bayésienne permet de faire. Plusieurs chercheurs en sciences cognitives ont donc formulé l'hypothèse selon laquelle les inférences probabilistes que réalise le cerveau constituent des approximations d'inférences bayésiennes. Cette hypothèse est soutenue par un nombre grandissant de preuves scientifiques⁴⁹. La théorie des processus prédictifs repose en partie sur cette idée, et contribue à la soutenir. Les théoriciens des processus prédictifs cherchent à réaliser deux choses : expliquer un nombre croissant de processus cognitifs en termes d'inférences bayésiennes et expliquer les mécanismes

⁴⁸ Certains théoriciens des processus prédictifs critiquent cette conception particulière de la théorie des processus prédictifs, dans laquelle le cerveau est présenté comme un scientifique neutre qui recherche la connaissance pour elle-même. Ainsi, Bruineberg, Kiverstein et Rietveld (2016) proposent de concevoir le cerveau comme un scientifique biaisé (*crooked scientist*) qui cherche, plutôt que la pure vérité, les meilleurs moyens de transformer le monde afin de le conformer aux hypothèses auxquelles il tient.

⁴⁹ Selon Hohwy (2013, p. 25), «[t]his evidence [that the brain is a Bayesian mechanism] comes from our conception of perception, from empirical studies of perception and cognition, from computational theory, from epistemology, and increasingly from neuroanatomy and neuroimaging». La conception de la perception dont il est question ici est celle définie par le « problème de la perception » que je viens d'énoncer.

neurologiques par lesquels le cerveau implémente ces inférences bayésiennes. Pour pouvoir comprendre plus en détail la théorie des processus prédictifs, il faut donc commencer par comprendre ce qu'est une inférence bayésienne⁵⁰.

2.4.2. Le bayésianisme en sciences cognitives

L'inférence bayésienne est une méthode d'inférence statistique basée sur le théorème (ou règle) de Bayes⁵¹, qui s'écrit formellement comme suit :

$$P(A|B) = \frac{P(B|A) P(A)}{P(B)}$$

Où $P(A)$ est la probabilité de A (sans tenir compte de B);

$P(B)$ est la probabilité de B (sans tenir compte de A);

$P(A|B)$ est la probabilité conditionnelle de A étant donné B;

$P(B|A)$ est la probabilité conditionnelle de B étant donné A.

Un avantage de l'inférence bayésienne qui nous intéressera particulièrement lorsque nous allons revenir à la théorie des processus prédictifs est qu'elle permet de mettre à jour la probabilité d'une hypothèse en tenant compte de nouvelles données. Un exemple permettra de comprendre comment.

Supposons que nous souhaitions évaluer une théorie du complot à propos des attaques du World Trade Center de New-York, le 11 septembre 2001⁵². Si l'on se risque à un

⁵⁰ Je me contenterai de présenter en quelques paragraphes les bases de l'inférence bayésienne. Pour une introduction plus complète mais accessible avec un niveau intermédiaire en mathématique (niveau collégial), voir Kruschke (2010). Pour une vulgarisation adaptée aux objectifs particuliers de la théorie des processus prédictifs, voir Hohwy (2013, « On Bayes'rule »). Notre présentation est principalement basée sur ces deux textes.

⁵¹ Thomas Bayes, 1702-1761, est un mathématicien britannique.

⁵² Cet exemple est tiré de Hohwy (2013).

peu de formalisme, cela revient à poser la question : $P(h|e)$?⁵³ L'hypothèse d'un complot dirigé par l'état fédéral américain expliquerait très bien les événements observés, puisqu'étant donné un tel complot, on pourrait prédire les événements qui ont effectivement été observés. Dans les termes bayésiens, on dira que l'hypothèse d'un complot a une vraisemblance (*likelihood*) élevée⁵⁴, ce qui revient à dire que la probabilité $P(e|h)$ est élevée⁵⁵. Une confusion entre la probabilité cherchée $P(h|e)$ et la vraisemblance de l'hypothèse $P(e|h)$ est probablement la raison pour laquelle des personnes accordent un certain crédit à la théorie du complot. Mais on peut se rendre compte intuitivement que cette raison est en réalité insuffisante : le fait que la probabilité des événements étant donné un complot soit élevée n'implique pas que la probabilité d'un complot étant donné les événements soit élevée aussi (« $P(e|h)$ est élevée » n'implique *pas* « $P(h|e)$ est élevée »). Intuitivement, nous pouvons comprendre qu'il convient de se demander ensuite quelle est réellement la probabilité d'un complot d'état sans considérer les événements du 11 septembre, autrement dit, quelle est la probabilité de h indépendamment de e . La règle de Bayes permet d'exprimer formellement cette intuition, et ainsi de calculer précisément dans quelle mesure nous devons réviser nos croyances. En appliquant le théorème de Bayes, on obtient :

$$P(h|e) = \frac{P(e|h) P(h)}{P(e)}$$

La probabilité $P(h|e)$ (probabilité de l'hypothèse du complot étant donné les événements) est bien ce que nous cherchions à déterminer au départ. Ensuite, l'équation

⁵³ Cette question se lit : « Quelle est la probabilité de h (l'hypothèse du complot) étant donné e (les événements observés le 11 septembre 2001) ? ».

⁵⁴ « Vraisemblance » (*likelihood*) est le terme technique utilisé dans le contexte de l'inférence bayésienne; cet usage ne correspond pas toujours à celui du contexte quotidien.

⁵⁵ $P(e|h)$ est la probabilité de e (les événements observés le 11 septembre 2001) étant donnée h (l'hypothèse du complot).

peut être simplifiée puisque, dans le cas qui nous intéresse, $P(e) = 1$ (Ce que l'on sait, dans le cas considéré, c'est que les événements e se sont produits; e est donc certain; donc la probabilité de e est égale à 1). On obtient :

$$P(h|e) = P(e|h) P(h)$$

Cette équation correspond bien à l'intuition formulée plus haut, en prose : pour déterminer la probabilité d'un complot étant donné les événements observés, il faut tenir compte de la probabilité des événements observés étant donné l'hypothèse d'un complot *et* de la probabilité de l'hypothèse d'un complot (indépendamment des événements observés). L'équation, obtenue au moyen de la règle de Bayes, fournit donc une démonstration rationnelle qui confirme l'intuition selon laquelle la probabilité de l'hypothèse d'un complot doit être déterminée, indépendamment des événements, afin de réviser notre croyance⁵⁶. De manière plus générale, l'inférence bayésienne met en relief (et formalise) l'idée selon laquelle pour déterminer la probabilité qu'une hypothèse soit la cause d'un événement observé, il faut calculer la probabilité postérieure (*posterior probability*) de cette hypothèse, en tenant compte de sa vraisemblance (*likelihood*) et de sa probabilité préalable (*prior probability*).

Remarquons que les termes « préalable » et « postérieure » peuvent induire en erreur dans le cadre de l'inférence bayésienne où ils ne renvoient pas à une dimension temporelle. Dans ce cadre, *Préalable* signifie que les données prises en compte (pour calculer la probabilité préalable) n'incluent pas l'événement dont on cherche à déterminer la cause. Cependant, les données prises en compte pour calculer la

⁵⁶ Il pourrait sembler qu'une telle démonstration formelle soit superflue et que l'intuition soit suffisante. Toutefois, le fait que certaines personnes croient que démontrer que $P(e|h)$ est élevée suffit pour démontrer que $P(h|e)$ est élevée montre l'importance de la démonstration formelle. Mais le formalisme mathématique de l'inférence bayésienne devient encore plus indispensable lorsque les cas considérés sont plus complexes (par exemple lorsqu'on considère la conjonction de plusieurs hypothèses et/ou la conjonction de plusieurs événements).

probabilité préalable peuvent inclure des événements survenus avant comme *après* l'événement à propos duquel on teste une hypothèse. Revenons une dernière fois à l'exemple de la théorie du complot. Afin de déterminer la probabilité préalable de l'hypothèse d'un complot d'état, une méthode qui pourrait être employée consisterait à calculer le ratio du nombre de complots d'états avérés (ou fortement présumés) lors d'une tragédie comparable à celle du 11 septembre 2001 (événements e) sur le nombre total de tragédies comparables aux événements e , dans l'histoire du fédéralisme américain⁵⁷, en excluant les événements e , mais en incluant les tragédies survenues après 2001. Dans cet exemple, nous voyons que les termes *préalable* et *postérieur* n'ont pas une fonction de marqueurs temporels dans l'inférence bayésienne. Nous voyons aussi que, comme je le mentionnais en commençant cette brève présentation de l'inférence bayésienne, cette dernière permet d'actualiser la probabilité attribuée à une hypothèse en tenant compte de nouvelles données (puisque si une série d'attentats survenaient la semaine prochaine aux États-Unis, la règle de Bayes permettrait de tenir compte de ces données pour actualiser le calcul de la probabilité préalable de l'hypothèse d'un complot, et par suite celui de la probabilité postérieure de cette hypothèse étant donné les événements du 11 septembre 2001).

En terminant cette brève présentation de l'inférence bayésienne, notons qu'il n'est pas nécessaire que les probabilités calculées au moyen de cette méthode aient une valeur discrète. L'inférence bayésienne peut aussi servir à calculer des *densités de probabilité*. Lorsqu'on a affaire à un continuum de valeurs, comme c'est le cas, peut-on penser, dans la perception et le mouvement, en particulier le mouvement expert, il peut être problématique de ne parler de probabilités qu'en termes de valeurs discrètes.

⁵⁷ La méthode qui est proposée ici l'est seulement à titre d'exemple de la prise en compte d'une série de données disposées temporellement avant et après l'événement dont on cherche à déterminer la cause. Je prétends seulement que le type de données (empan temporel par rapport à l'événement dont on cherche à déterminer la cause) est valide pour le calcul. Je ne prétends pas que les données particulières prises à titre d'exemple sont pertinentes et/ou suffisantes dans l'exemple considéré.

Voyons maintenant le rôle que certaines théories (dont la théorie des processus prédictifs) font jouer à l'inférence bayésienne dans la cognition humaine⁵⁸. Revenons à l'exemple de la perception et au « problème de la perception ». Selon les théories de la cognition basées sur l'inférence bayésienne, le cerveau émet des hypothèses et les signaux sensoriels servent à contraindre ces hypothèses de manière à sélectionner l'hypothèse la plus probable. Mais, je l'ai déjà dit, différentes causes peuvent avoir les mêmes effets. De plus, comme je l'ai aussi souligné, le fait qu'une hypothèse soit celle qui explique le mieux les effets observés ne suffit pas pour inférer que cette hypothèse est la plus probable. Il faut aussi tenir compte de la probabilité préalable de l'hypothèse. Or, nous le savons maintenant, c'est ce que l'inférence bayésienne permet de faire. L'inférence bayésienne est donc une bonne candidate pour résoudre le « problème de la perception »⁵⁹. Considérons un exemple⁶⁰.

Si nous sommes capables de lire l'anglais, lorsque nous lisons la première des deux phrases de la figure 2.1, nous lisons le mot « *went* » malgré le fait que c'est « *event* » qui est écrit (comme dans la deuxième phrase).

⁵⁸ L'idée que la cognition humaine (ici nous nous intéressons à l'humain, mais les théories dont je parle peuvent s'étendre aux primates, voire aux mammifères, voire à l'ensemble du règne animal) est fondée sur l'inférence bayésienne est une des hypothèses de base de tous les modèles que je regroupe sous l'appellation « théorie des processus prédictifs ». Mais toutes les théories qui admettent cette hypothèse ne sont pas des théories des processus prédictifs.

⁵⁹ Sans oublier que l'inférence bayésienne permet aussi de mettre à jour des prédictions (estimations de probabilités) en tenant compte de nouvelles données; ce qui n'est pas un mince avantage dans des environnements souvent instables.

⁶⁰ Cet exemple est tiré de Friston (2003).

Jack and Jill went up the hill
The last event was cancelled

Figure 2.1 Probabilité préalable dans la lecture (Friston, 2003, p. 1341).

Si notre cerveau se contentait d'une inférence à la meilleure explication, le patron de stimulation visuelle induirait la perception du graphème « ev », et nous lirions « *event* ». Cette lecture correspond à l'hypothèse qui a la plus grande vraisemblance (*likelihood*) compte tenu du signal visuel. En revanche, faire intervenir l'inférence bayésienne (plutôt qu'une simple inférence à la meilleure explication) permet de tenir compte de la probabilité préalable de l'hypothèse « *event* » en fonction du contexte sémantique de la phrase. La prise en compte de cette probabilité préalable rend la probabilité postérieure de l'hypothèse « ev » très faible (puisque la phrase n'aurait pas de sens si c'était « ev » et par suite « *event* » qui étaient lus). Au contraire, la forte probabilité préalable de l'hypothèse « *went* » fait en sorte que la probabilité postérieure de la lettre « w » est supérieure à celle du graphème « ev ». Ainsi nous lisons « w », et par suite « *went* », bien que, considérant uniquement le signal visuel, la vraisemblance de « w » est inférieure à celle de « ev ».

2.4.3. L'implémentation de l'inférence bayésienne dans la théorie des processus prédictifs

Intéressons-nous maintenant à la manière dont l'inférence bayésienne pourrait être implémentée par le cerveau⁶¹, selon la théorie des processus prédictifs. Celle-ci

⁶¹ Dans bien des cas, lorsque j'écris « cerveau » par soucis de concision, il pourrait être plus juste d'écrire « système nerveux central » pour rendre justice au fait que les flux de prédiction dont il va être question ne s'arrêtent pas aux frontières physiques du cerveau mais se propagent jusqu'aux, et à partir des, synapses de la moelle spinale.

modélise le fonctionnement cérébral à différents niveaux. Le niveau microscopique, dans cette théorie, est celui de la cellule. À ce niveau, l'unité fonctionnelle de base est une « unité neuronale ». Dans ce contexte, une unité neuronale est un ensemble de neurones (voir figure 2.2) dont la dynamique interne aboutit à l'émission de deux signaux. Chacun de ces signaux est dirigé, respectivement, vers un neurone extérieur à l'unité neuronale (qui appartient à une autre unité neuronale). Les unités neuronales sont disposées en couches superposées (ce qui correspond à l'anatomie du cortex). Pour chaque unité neuronale, un des deux signaux émis vers l'extérieur est dirigé vers une unité située dans la couche inférieure, l'autre vers une unité située dans la couche supérieure. Ainsi, pour chaque couche de neurones, on a un flux de signaux dirigés vers la couche inférieure et un flux dirigé vers la couche supérieure. La dynamique globale d'une couche de neurones réalise approximativement une inférence bayésienne. On peut dire que le contenu de cette inférence est *micro* puisqu'au niveau d'une couche « c », le flux de signaux descendant a la fonction de *prédiction* (probabilité postérieure) de l'état de la couche inférieure « $c-1$ ». Le flux qui remonte de $c-1$ vers c est un *signal d'erreur* qui représente la vraisemblance (*likelihood*) de la prédiction émise par c , c'est-à-dire la différence entre cette prédiction et l'état réel de $c-1$ (l'évidence). La probabilité préalable prise en compte dans l'inférence réalisée par la couche c est le flux qui descend de la couche supérieure « $c+1$ ». Ainsi, le flux descendant a la fonction de probabilité postérieure au niveau de la couche c_n et la fonction de probabilité préalable au niveau de la couche c_{n-1} .

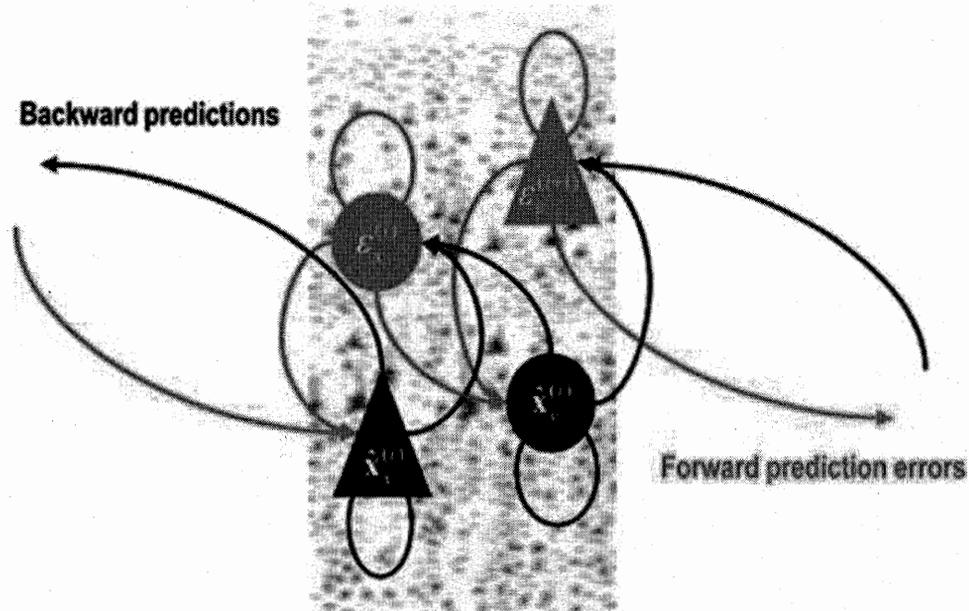


Figure 2.2 Unité neuronale (Friston, 2011, p. 493).

L'activité globale du cerveau est donc représentée, dans la théorie des processus prédictifs, par un flux de prédiction descendant et un flux de signaux d'erreur montant. En se confrontant, ces deux flux réalisent approximativement des inférences bayésiennes dont le contenu peut cette fois être qualifié de *macro* puisqu'elles portent sur des objets et événements du monde (incluant le corps). Si nous revenons au cas de la perception, à chaque niveau de la hiérarchie cérébrale, le flux de prédiction descendant génère un signal d'erreur. En remontant, le signal d'erreur a pour effet de modifier les prédictions, plus haut dans la hiérarchie. Les prédictions sont modifiées de façon à minimiser le signal d'erreur (la minimisation du signal d'erreur est ce vers quoi tend la dynamique globale du système cérébral). Lorsqu'une prédiction de haut niveau rencontre adéquatement le signal sensoriel, c'est-à-dire lorsque le signal d'erreur associé à cette prédiction a été entièrement réduit (*explained away*), un objet ou un événement est perçu (c'est-à-dire inféré comme cause du signal sensoriel).

2.4.4. Le contrôle moteur dans la théorie des processus prédictifs

J'ai souligné à plusieurs reprises que la théorie des processus prédictifs est une forme de théorie des systèmes dynamiques. Pour cette raison, la théorie des processus prédictifs comporte les avantages que j'ai relevés dans la section 2.3, notamment celui de permettre de concevoir les différentes fonctions cognitives comme les produits de systèmes auto-organisés qui ne dépendent pas de centres de décision⁶². En ce qui concerne les coordinations sensori-motrices, la théorie des processus prédictifs intègre également les acquis de la théorie des modèles internes (prédiction des conséquences sensorielles des mouvements), que j'ai présentée dans la section 2.2. La théorie des processus prédictifs réalise cependant une simplification importante par rapport à la théorie des modèles internes :

The need for a distinct inverse model/optimal control calculation now seems to have disappeared. In its place we find a more complex forward model mapping prior beliefs about desired trajectories to sensory consequences, some of which (the 'bottom level' proprioceptive ones) are automatically fulfilled using classical reflex arcs (Clark, 2016, p. 126).

Pour comprendre ce qui permet de se passer d'un modèle inverse (ou d'un mécanisme spécifiquement dédié au contrôle optimal) il faut comprendre que, dans la théorie des processus prédictifs, l'activité prédictive n'est plus une activité distincte de la perception ou de l'action. Percevoir et agir (mais aussi penser et imaginer) sont toutes *essentiellement* des activités prédictives.

Nous avons vu comment, dans un contexte de perception, les signaux d'erreur ont pour effet de modifier les prédictions générées par le cerveau afin que celles-ci correspondent mieux aux signaux sensoriels. Mais les prédictions faites suite à la réception de signaux d'erreur peuvent avoir (et, généralement, ont) aussi pour effet de

⁶² Je vais expliquer comment la théorie des processus prédictifs réalise ce programme.

générer des mouvements visant à produire des signaux sensoriels susceptibles de mieux réduire l'erreur de prédiction :

[T]he ongoing attempt to predict the sensory signal might cause such an agent to act appropriately, sampling its world in ways designed to bring the sensory signal progressively in line with some special subset of its own sensory predictions (Clark, 2016, p. 7).

Dans le cas de la prédiction d'un signal visuel, par exemple, lorsque la longueur d'onde reçue ne correspond pas à celle prédite, un signal d'erreur est émis. De couche en couche, un signal d'erreur résiduel remonte dans la hiérarchie des modèles jusqu'à ce qu'il soit expliqué par une prédiction adéquate (c'est-à-dire jusqu'à ce qu'il soit annulé). Dans les cas où un signal d'erreur important remonte jusqu'au plus haut niveau de la hiérarchie, le changement de prédiction peut être assez radical pour entraîner un changement au niveau de la conscience : « je croyais percevoir un serpent, il s'agit en fait d'un morceau de corde ». Mais, les signaux d'erreur émis ont aussi pour effet de générer des prédictions favorisant le déclenchement de mouvements oculaires jusqu'à rencontrer la longueur d'onde prédite, ce qui aura pour effet d'annuler le signal d'erreur. Ainsi, selon Seth et Friston (2016), lorsque la région du cortex frontal associée aux récepteurs visuels (*frontal eye fields*) émet des prédictions dont le flux va rencontrer, via le cortex visuel primaire et le corps géniculé latéral, un signal d'erreur provenant de la rétine, cette région frontale émet aussi des prédictions de nature proprioceptive qui aboutissent, via les noyaux du pont, au système oculomoteur, où elles vont entraîner des mouvements des yeux :

[T]he frontal eye fields send predictions to primary visual cortex, which it projects to the lateral geniculate body. However, the frontal eye fields also send proprioceptive predictions to pontine nuclei, which are passed to the oculomotor system to cause movement through classical reflexes (Seth et Friston, 2016, p. 3).

Il existe donc deux manières (généralement mise en œuvre conjointement) de réduire les signaux d'erreur qui résultent de la rencontre entre un flux prédictif et un flux

sensoriel. La première manière consiste à modifier les prédictions⁶³; la deuxième, à transformer le flux sensoriel en générant du mouvement. Cette deuxième manière de réduire les signaux d'erreur, nommée « inférence active » (*active inference*), est cruciale pour comprendre comment est conçu le contrôle de l'action dans la théorie des processus prédictifs. Car, dans cette théorie, prédire les conséquences sensorielles de nos mouvements ne se limite pas à prédire les conséquences extéroceptives mais inclut également des prédictions des conséquences intéroceptives et proprioceptives. Or, nous venons de voir que prédire un signal sensoriel c'est aussi déclencher les mouvements qui visent à le réaliser. Dans le cas de la prédiction d'un signal proprioceptif, le signal d'erreur va favoriser des contractions musculaires jusqu'à être annulé. Ainsi, prédire les conséquences proprioceptives de mouvements revient à commander l'exécution de ces mouvements.

C'est pourquoi Clark dit que ce qui est appelé « commandes motrices » dans les théories computationnelles (comme la théorie des modèles internes) « have been replaced by (or as I would rather say, implemented by) proprioceptive predictions » (Clark, 2016, p. 123) et que le cortex moteur « here specifies not motor commands, traditionally understood, but rather the sensory consequences of movements » (Clark, 2016, p. 126). Avec un modèle anticipateur qui inclut l'information proprioceptive dans ses prédictions il n'y a plus besoin d'un modèle inverse. En un mot, « we predict the proprioceptive consequences of our own action and this brings the action about » (Clark, 2016, p. 121).

À ce point de notre présentation, le lecteur est en droit de se demander comment se fait-il que la prédiction des conséquences sensorielles d'une action entraîne la réalisation

⁶³ « Modifier une prédiction » peut vouloir dire soit changer d'hypothèse, c'est-à-dire abandonner la prédiction au plus haut hiérarchique pour en adopter une autre, ou maintenir l'hypothèse mais ajuster les prédictions plus bas dans la hiérarchie. Ces deux types de modifications à court terme peuvent entraîner, à long terme, des transformations des modèles qui génèrent les prédictions.

de cette action. En effet, étant donnée la prédiction des conséquences sensorielles d'une action qui ne s'est pas encore produite, le lecteur peut penser qu'un signal d'erreur important va être émis au niveau des récepteurs proprioceptifs. C'est bien ce que soutient la théorie des processus prédictifs. Nous avons vu également que cette théorie soutient que le cerveau va s'auto-organiser de manière à minimiser ce signal d'erreur. En se basant sur les seuls éléments de la théorie que nous avons présentés jusqu'ici, il est logique de penser que cette minimisation du signal d'erreur va être réalisée grâce à une modification radicale des prédictions. Les prédictions de signaux sensoriels (notamment proprioceptifs) devraient se transformer de manière à refléter l'état actuel du système moteur. Mais ceci n'explique pas pourquoi l'action dont les conséquences sensorielles ont été prédites va être effectuée. Je dois donc expliquer un mécanisme supplémentaire de la théorie des processus prédictifs : le mécanisme qui prédit la précision des prédictions.

Jusqu'ici je n'ai parlé que d'un seul ordre de prédiction : mon cerveau émet des hypothèses, lorsque les signaux sensoriels confirment ces hypothèses je perçois ce que mon cerveau avait prédit; lorsqu'au contraire les signaux sensoriels infirment les hypothèses, mon cerveau doit modifier ses prédictions. Mais, dans la théorie des processus prédictifs, l'idée de *prédiction de second ordre*⁶⁴ nuance un peu ce tableau simple. L'idée est qu'à chaque fois qu'une prédiction est émise, une deuxième prédiction est émise, concernant la précision de la première. La prédiction de second ordre (prédiction de précision) définit l'effet qu'aura signal d'erreur associé à la prédiction de premier ordre.

Dans un environnement bien éclairé, un signal visuel émis pendant une fraction de seconde par mes yeux peut suffire à confirmer l'hypothèse « souris », par exemple. Au

⁶⁴ Il est important de noter que « de second ordre » ne signifie pas « de niveau hiérarchique plus élevé ». Une prédiction est dite « de second ordre » parce qu'elle est à propos d'une prédiction de premier ordre.

contraire, dans un environnement faiblement éclairé, un signal semblable sera insuffisant, même si, en lui-même, il tendrait à confirmer l'hypothèse. Le contexte de bon/mauvais éclairage a fait en sorte que notre cerveau a émis une prédiction (de second ordre) de forte/faible précision de toute prédiction se rapportant à un signal visuel, dans cet environnement. Compte-tenu de cette prédiction de second ordre, notre cerveau considérera le signal visuel comme de l'information/ du bruit : l'hypothèse « souris » sera renforcée dans un cas, ou, dans l'autre cas, abandonnée avant d'avoir entraîné la perception consciente d'une souris ou un mouvement de retrait (ou d'attaque, si j'étais un prédateur pour la souris).

Il n'est pas toujours facile de distinguer l'effet d'une prédiction de précision sur une prédiction de premier ordre, de celui d'une modification de la probabilité préalable de la prédiction (dont nous avons parlé plus haut). Permettez-moi de prendre un exemple dont j'ai été personnellement témoin afin de contraster ces deux mécanismes. Un soir d'Halloween, ma fille Maëlle, alors âgée de trois ans (et déguisée en éléphant), s'est soudainement mise à courir en direction d'une autre fillette (déguisée en princesse), en criant le prénom d'une de ses petites amies de garderie. Après avoir jeté un rapide coup d'œil en direction de « la princesse », le meilleur ami de Maëlle, pour l'occasion « le policier », s'est lui aussi mis à courir en criant le prénom de leur amie commune. Ce n'est qu'en arrivant face à face avec la fillette que les deux enfants se sont rendus compte qu'ils avaient été victimes d'une illusion. Il est probable que le contexte particulier de l'Halloween a eu pour effet, dans le cerveau des deux enfants, de diminuer la précision des signaux d'erreurs visuels qui allaient à l'encontre de la prédiction selon laquelle « la princesse » était leur amie (Personne n'a exactement son apparence habituelle ce soir là.). Maintenant, imaginons que l'amie absente ait dit, plus tôt, à ma fille (ou au policier) qu'elle allait se déguiser en princesse; dans ce cas c'est

la probabilité préalable de l'hypothèse « princesse = amie » qui aurait été renforcée par cette information⁶⁵.

Les prédictions de précision peuvent donc avoir un effet positif (augmentation) ou négatif (diminution) sur les signaux d'erreur associés aux prédictions de premier ordre. En général, nous sommes à la recherche de contextes et de comportements qui favorisent une précision élevée des signaux d'erreur (c'est, par exemple, une des raisons pour lesquelles la plupart d'entre nous vivons le jour plutôt que la nuit).

Les prédictions de précision sont implémentées par une augmentation ou une diminution du poids des signaux d'erreur. Lorsqu'une prédiction (de second ordre) de précision élevée est associée à une prédiction (de premier ordre), le poids du signal d'erreur émis en réaction à cette dernière est augmenté, et vice-versa, lorsque la précision prédite est faible, le poids du signal est diminué.

Pour la perception, le mécanisme de prédiction de précision permet donc de distinguer entre les signaux qui doivent être négligés (bruit) et les signaux qui doivent être pris en compte (information), ceci en fonction de la variabilité des contextes (de la plus ou moins grande incertitude qu'ils comportent). Par extension, ce mécanisme permet d'implémenter l'*attention*. En traitant ce qui n'est pas au focus de l'attention comme du bruit (c'est-à-dire en diminuant le poids des signaux d'erreur associés aux prédictions de ce qui n'est pas au focus de l'attention), d'une part, et en élevant artificiellement la précision des signaux d'erreur associés aux prédictions de ce qui constitue le focus attentionnel (c'est-à-dire en augmentant le poids de signaux d'erreur associés à ces prédictions), d'autre part, le cerveau réalise le mécanisme que l'on

⁶⁵ Je laisse ouverte la question de savoir si, pour « le policier », le fait que Maëlle crie le prénom de leur amie a contribué à diminuer encore la précision des signaux d'erreur allant contre la prédiction « princesse = amie » ou à augmenter la probabilité préalable de cette prédiction. Il ne semble pas impossible qu'une même information ait un effet à la fois sur une probabilité préalable et sur une prédiction de précision.

appelle « attention ». Les « prédictions » de la précision des signaux d'erreur ne dépendent donc pas seulement des probabilités liées au contexte externe, c'est-à-dire à l'environnement; elles peuvent dépendre aussi du contexte interne, c'est-à-dire d'états (dynamiques) du cerveau. C'est ce qui explique que, vu de l'extérieur, on peut dire que le cerveau « manipule artificiellement » les prédictions de précision de manière à réaliser certaines « fonctions », comme l'attention.

Une autre « fonction » qui requiert la « manipulation » des prédictions de précision (c'est-à-dire des poids des signaux d'erreur) est le contrôle moteur. Plus haut, nous avons formulé le problème suivant. Certaines régions du cerveau prédisent les conséquences sensorielles d'une action sélectionnée. Comme cette action ne correspond pas à l'état actuel du système moteur, les prédictions engendrent d'importants signaux d'erreur au niveau des récepteurs sensoriels (notamment proprioceptifs). Notre problème est : comment expliquer que ces signaux d'erreurs n'entraînent pas une transformation radicale des prédictions (pour les conformer à l'état actuel du système) et que les prédictions entraînent la réalisation de l'action sélectionnée? La solution proposée par les théoriciens des processus prédictifs, notamment Seth et Friston (2016, p. 4), est que la précision des signaux d'erreur associés aux prédictions des conséquences sensorielles des actions sélectionnées est réduite :

To enable predictions about the consequences of action to be fulfilled, we have to attenuate proprioceptive prediction errors—that would otherwise deliver unequivocal evidence that we are not, in fact, acting. This attenuation rests on reducing the precision of proprioceptive prediction errors.

Ainsi, dans ce cas, les signaux d'erreur ne se propagent pas vers le haut. La minimisation des signaux d'erreur ne se produira donc pas en haut de la hiérarchie, en conformant les prédictions aux signaux d'erreur, mais plutôt en bas de la hiérarchie, en conformant l'état des signaux sensoriels aux prédictions -- ce qui veut dire en modifiant

l'état des capteurs sensoriels (proprioceptifs); ce qui veut dire encore en modifiant l'état des contractions musculaires. Ainsi des mouvements sont effectués pour réaliser les conséquences sensorielles prédites. Il est à noter que plusieurs auteurs (notamment Fiorillo *et al.*, 2003; Friston, 2009; Seth *et al.* 2012) suggèrent que la précision des erreurs de prédiction, dans le cas des prédictions proprioceptives, est encodée par la dopamine. Cette information sera importante lorsque nous chercherons, dans le chapitre III, à préciser davantage l'implémentation biologique des mécanismes prédictifs qui assurent le contrôle moteur.

Nous venons de voir comment la théorie des processus prédictifs explique le contrôle moteur. Mais cela ne nous dit pas comment des prédictions *particulières* sont sélectionnées, autrement dit, comment l'action adéquate est choisie par le cerveau sans recourir à un homoncule. Pour expliquer cela, plusieurs des principaux modèles de la théorie des processus prédictifs (par exemple Clark, 2016; Friston, 2010) intègrent les travaux sur la notion de *compétition d'affordances* réalisés par Paul Cisek et John Kalaska de l'Université de Montréal. Les travaux de Cisek et Kalaska ont permis de préciser les fondements neurophysiologiques de la notion d'affordance, que Gibson avait définie au niveau psychologique, comportemental⁶⁶. Celui-ci avait observé des régularités dans l'ajustement des comportements de différents animaux en fonction des variations de leurs environnements respectifs et en avait inféré l'existence d'un mécanisme général de niveau subpersonnel qui permet aux animaux de percevoir des

⁶⁶ Nous avons déjà rencontré la notion d'*affordance* dans le premier chapitre de ce mémoire. Hubert Dreyfus réfère à cette notion, proposée originellement par James Gibson en 1979 (voir Gibson, 2015), pour expliquer que nos comportements peuvent parfois être directement sollicités par l'environnement, sans que nous ayons besoin de nous représenter *consciemment* ni notre environnement, ni notre comportement. Dreyfus soutient même que la notion d'affordance permet d'expliquer certains de nos comportements en se passant complètement de toute notion de représentation. Andy Clark est d'accord avec Dreyfus pour dire que nous pouvons parfois agir de manière habile sans faire appel à des représentations *conscientes* de notre environnement ou de notre comportement. Mais Clark soutient qu'un certain type de représentations de niveau subpersonnel est nécessaire pour expliquer ces comportements et que les *affordances* sont basées sur ce type de représentations, qu'il appelle « orientées-action » (*action-oriented*). Comme nous allons le voir, une des contributions des travaux de Cisek et Kalaska est de préciser la nature de ces représentations.

possibilités d'action (ou de non-action, dans le cas des affordances négatives qui indiquent, par exemple, un danger; voir Gibson, 2015, p.129) dans leur environnement, en fonction de leurs capacités d'action. Mais le psychologue n'a pas expliqué en détail le fonctionnement de ce mécanisme, au niveau subpersonnel. Il s'est contenté d'indiquer que « the information to specify the utilities of the environment is accompanied by information to specify the observer himself, his body, legs, hands, and mouth» (Gibson, 2015, p. 132-133).

Cisek et Kalaska (Cisek, 2007; Cisek et Kalaska, 2010) ont identifié des zones du cerveau qui traitent à la fois de l'information qui spécifie (les aspects utile de) l'environnement et de l'information qui spécifie l'observateur lui-même. Ils montrent que certaines zones, notamment du cortex pariétal postérieur et du cortex préfrontal, et leurs interactions, implémentent des représentations qui peuvent difficilement être catégorisées comme étant perceptuelles, cognitives ou motrices. Le contenu de ces représentations porte *à la fois* sur certains aspects de l'environnement et sur certains aspects d'actions potentielles⁶⁷. Des représentations de ce type pourraient donc constituer la base neurophysiologique de la perception des affordances. Le cortex pariétal postérieur, en particulier, se situe anatomiquement à la jonction entre le flux

⁶⁷ C'est ce type de représentation, dont la fonction n'est pas de représenter le monde extérieur (des objets dans l'espace) ou un programme moteur mais de spécifier partiellement les interactions entre le corps et le monde, que Clark appelle « orientée-action » (voir note précédente). Cisek (2007) soutient que l'existence de représentations de ce type permet de remettre en question la pertinence de la division classique des fonctions cognitives en « perception », « cognition », et « action ». Le neuroscientifique montréalais propose une approche alternative selon laquelle la fonction principale du cerveau serait de servir un comportement écologiquement adapté (*adaptive behavior*), ce qui impliquerait deux classes de processus : la spécification de l'action et la sélection de l'action. Il s'agit d'une hypothèse forte sur le plan épistémologique. Cette hypothèse n'a pas de rôle dans l'économie interne de notre exposé (qui vise à expliquer l'action motrice (experte) et le rôle qu'y joue la conscience). Nous ne l'examinerons donc pas. Mais, comme je l'ai fait remarquer en introduction, l'importance de cette hypothèse est grande par rapport à l'enjeu de notre discussion : si elle était vraie, cela signifierait que notre travail ne porte pas seulement sur *une des* fonctions de la cognition en générale (et subordonnée aux autres fonctions : perception et cognition « à proprement parler »), mais sur *la* fonction principale du cerveau et ses mécanismes centraux.

dorsal et le flux ventral des informations visuelles⁶⁸; le premier contribue à spécifier les paramètres des actions potentielles, alors que le second fournit de l'information qui contribue à leur sélection (Cisek et Kalaska 2010, p. 277). Notons (et ce sera important pour la suite de notre exposé) que les ganglions de la base contribuent également à cette sélection. Ainsi, selon Cisek (2007), au niveau subpersonnel, les questions « quoi faire ? » (*what to do?*) et « comment le faire ? » (*how to do it?*) sont résolues simultanément plutôt que de manière sérielle (comme le proposent les théories plus classiques de type « *sense-think-act* »). Ceci explique que, au niveau personnel, nous percevons directement des possibilités d'action dans l'environnement : lorsqu'une affordance atteint le seuil de la perception consciente, l'action qu'elle implique est déjà en grande partie spécifiée; il n'y a pas un stade où nous percevrions des aspects de l'environnement indépendamment de toute action, puis un stade où viendrait s'ajouter l'action. De plus, le fait que l'action soit liée à la perception dès le début du processus fait qu'il n'est pas nécessaire de percevoir *tous* les aspects et *toutes* les qualités de l'environnement, mais seulement les aspects et qualités qui permettent d'élaborer et de sélectionner les affordances.

⁶⁸ La distinction entre deux voies visuelles, une ventrale et une dorsale, fait l'objet d'une vaste littérature, tant en psychologie qu'en neuroscience, depuis la publication de l'article « Two cortical visual systems » de Leslie G. Ungerleider et Mortimer Mishkin (1982). Les fonctions respectives de ces deux voies ont fait et font encore l'objet de débats. Les trois principales interprétations peuvent être résumées comme suit : 1) l'interprétation de Ungerleider et Mishkin (1982) (centrée sur le contenu des entrées (*inputs*) visuelles) soutient que la voie ventrale spécifie *ce qu'il y a dans l'environnement* (le « *what* ») et la voie dorsale *où cela se situe* (le « *where* »); 2) l'interprétation de Goodale et Milner (1992) (centrée sur la fonction) soutient que la voie ventrale est celle de la perception et que sa fonction est de représenter l'environnement, alors que la voie dorsale serait celle de l'action, sa fonction étant de fournir de l'information au système moteur pour la planification des actions; 3) l'interprétation proposée par Cisek (2007) est compatible avec celle de Goodale et Milner concernant la voie dorsale (sélectionner quelle action effectuer : *what to do*), mais elle soutient que le rôle premier (dans l'évolution) de la voie ventrale est également de contribuer à l'action, en fournissant de l'information permettant de préciser comment effectuer les actions (*how to do*). Cisek ne nie pas que la voie ventrale ait pu évoluer, notamment chez les mammifères, de manière à permettre, outre son rôle premier, la capacité à reconnaître des objets (Cisek 2007, p. 1589). Lorsqu'il est question de perception des affordances, c'est le « rôle premier » de la voie ventrale qui est recruté.

Gibson (2015, p. 121) soutient que les affordances ne sont ni objectives ni subjectives, et que la distinction est inadéquate dans ce contexte. Les affordances sont des propriétés *de l'environnement pour un animal*. Cette phrase comprend deux affirmations qui définissent la notion d'affordance proposée par Gibson seulement lorsqu'elles sont considérées conjointement. Prise séparément, l'affirmation « les affordances sont des propriétés de l'environnement » pourrait laisser croire que les affordances sont des propriétés purement objectives. Et Gibson admet que, *en un sens*, elles sont objectives. Il ajoute même que, *en un sens*, elles sont des propriétés physiques. Mais il ajoute que, contrairement aux propriétés physiques purement objectives, les affordances ne sont pas mesurables au moyen d'un instrument. Elles sont des propriétés de l'environnement « *taken with reference to an observer* ». Cette affirmation, si on la considérait séparément, pourrait laisser croire que les affordances sont des propriétés purement subjectives. Gibson s'oppose à cette idée, non seulement parce que, comme nous venons de le voir, les affordances sont, en un sens, objectives, mais aussi parce qu'elles ne sont *pas* des propriétés « *of the experiences of the observer* » (2015, p. 129). Si on peut affirmer que les affordances sont subjectives, c'est seulement dans le sens où elles dépendent des déterminants physiques de l'animal et de ses capacités (*abilities*) de percevoir et d'agir. Finalement, les affordances étant à la fois objectives dans un sens restreint et subjectives dans un sens restreint, il vaut mieux, comme le suggère Gibson, abandonner ces catégories lorsqu'on cherche à définir les affordances.

Une affordance est un invariant toujours présent dans l'environnement pour un animal, et qui ne change pas avec les besoins temporaires de l'animal. Ceci étant dit, dépendamment de ses besoins temporaires, « [t]he observer may or may not perceive or attend to the affordance » (Gibson, 2015, p. 130). L'environnement offre toujours de nombreuses affordances à un animal⁶⁹; seulement certaines apparaissent pertinentes

⁶⁹ Pour Gibson, les animaux vivent des niches constituées par l'ensemble de leurs affordances. Il évite, avec insistance, de dire qu'ils vivent *dans* des niches (« a niche refers more to *how* an animal lives than

dans la situation spécifique vécue par l'animal. Bruineberg et Rietveld (2014) nomment les affordances qui se détachent des autres affordances pour leur pertinence dans une situation particulière, des « sollicitations ». Les travaux de Cisek et Kalaska mettent beaucoup d'emphasis (par rapport aux travaux de Gibson) sur le fait que l'environnement offre toujours de nombreuses affordances et qu'une sélection doit donc avoir lieu.

Selon l'hypothèse de la « compétition d'affordances » (*affordance competition hypothesis*), proposée par Cisek (2007), notre cerveau serait en permanence en train d'ébaucher plusieurs actions potentielles, en compétition entre elles, et nos perceptions serviraient à la fois à biaiser cette compétition et à affiner progressivement les actions « victorieuses », jusqu'à ce qu'une seule action soit sélectionnée et effectuée. Nous allons voir qu'il suffit de considérer ces actions potentielles comme des ensembles de prédictions (des hypothèses) pour voir la profonde compatibilité entre la théorie de la compétition d'affordances et la théorie des processus prédictifs. Friston *et al.* (2012) (ainsi que Clark (2016)) soulignent cette compatibilité et insistent sur le rôle que joue la dopamine dans la sélection des affordances (ce qui concorde avec le rôle joué par les ganglions de la base, relevé par Cisek et Kalaska, comme nous l'avons noté plus haut).

Il est important de souligner le rôle de la dopamine et de s'intéresser au mécanisme dans lequel elle intervient de manière à réaliser la sélection des affordances, parce qu'on peut ainsi se rendre compte que ce mécanisme est le même que celui qui implémente le déclenchement des actions. Selon Cisek et Kalaska, la perception sert à affiner les différentes possibilités d'action ébauchées par le cerveau (définir le « comment ») et, ce faisant (en précisant le détail des actions, le « diable » apparaît dans celles qui sont moins appropriées à la situation), permet de sélectionner une de ces

to *where it lives*» (2015, p. 120). D'autres (par exemple Bruineberg et Rietveld, 2014) parlent de « champs d'affordances » (*fields of affordances*) où tout agent se trouve toujours situé.

possibilités (définir le « quoi faire »). Dans la théorie des processus prédictifs, les ébauches d'actions sont des prédictions. Comme pour toute prédiction, des prédictions de second ordre sont émises à propos de la précision des prédictions d'action. La perception permet d'ajuster les prédictions de second ordre (prédictions de précision) associées aux prédictions d'action. C'est cette modulation qui effectue la sélection des prédictions d'action : les prédictions d'action dont la précision est diminuée sont abandonnées, celles dont la précision est augmentée sont conservées, jusqu'à ce qu'il ne reste plus qu'une seule prédiction d'action. La modulation des prédictions de précision est implémentée, rappelons-nous, par des décharges de dopamine post-synaptiques responsables de la modulation des poids des signaux d'erreur de prédiction. Ce sont les ganglions de la base qui effectuent ces décharges. Maintenant, les prédictions que nous avons appelées des « prédictions d'action » sont, en partie, des prédictions proprioceptives. Et nous avons indiqué plus haut que lorsque la précision d'une prédiction proprioceptive est très élevée, ceci entraîne des contractions musculaires qui tendent à réaliser la prédiction. Autrement dit, dans la théorie des processus prédictifs, c'est un unique mécanisme (la modulation des prédictions de précision par la dopamine) qui implémente à la fois la sélection d'une affordance (parmi un ensemble d'affordances en compétition) et le déclenchement de la réalisation de l'action qui constitue en partie l'affordance.

2.5. Conclusion

Dans ce chapitre, j'ai proposé une explication des mécanismes de niveau subpersonnel qui fondent l'intentionnalité motrice, c'est-à-dire une explication des mécanismes qui permettent de déclencher et contrôler des actions visant certaines finalités sans que ni les unes ni les autres ne soient nécessairement représentées au préalable par un acte cognitif explicite.

J'ai choisi de faire appel à la théorie des processus prédictifs notamment parce qu'elle intègre la théorie des modèles internes et celle des systèmes dynamiques, parce qu'elle permet d'expliquer à la fois les intentions (finalités) et les moyens (actions) sans supposer l'existence d'une entité de type « homoncule » dans le cerveau, et parce qu'elle permet d'expliquer comment le contrôle moteur (mais aussi tout acte cognitif) peut être influencé par des contraintes de niveaux différents, simultanément (par exemple, des informations sensorielles, qui changent très rapidement, et des données contextuelles, qui changent sur une échelle temporelle plus étendue).

J'avais conclu le premier chapitre en posant les deux questions suivantes : 1) quel rôle joue la conscience (notamment la conscience pré-réfléchie) dans l'intentionnalité motrice? Et, 2) est-ce que l'intentionnalité motrice peut suffire pour réaliser entièrement certaines performances expertes (voire toutes, comme le soutient Dreyfus)? Autrement dit, est-ce que certaines performances expertes (voire toutes) peuvent se passer entièrement d'actes cognitifs conscients réfléchis? Le deuxième chapitre ne nous a pas permis de progresser directement dans la recherche de réponses à ces questions. Mais il nous a apporté un outil (la théorie des processus prédictifs) que nous allons maintenant utiliser pour tenter à nouveau de répondre à nos deux questions.

Dans les dernières sections du chapitre II, j'ai proposé une explication de ce qu'on pourrait appeler le contrôle moteur *de base*. Ce type de contrôle moteur permet probablement de réaliser la plupart des habitudes quotidiennes. Or, nous avons vu, au chapitre I, que s'il semble possible que les mécanismes de base de ces habitudes soient identiques à ceux de la performance experte, on ne peut toutefois pas expliquer entièrement cette dernière par lesdits mécanismes.

Dans le chapitre III, nous allons chercher à comprendre les mécanismes supplémentaires qui permettent d'expliquer la performance experte. Progressivement, nous allons voir réapparaître des processus de niveau personnel dans la dynamique du

contrôle moteur, à mesure que le niveau de difficulté pour l'agent va augmenter dans les actions auxquelles nous allons nous intéresser. Finalement, nous pourrions revenir à la question des rôles que pourrait jouer la conscience dans le contrôle moteur, et plus particulièrement dans la performance experte.

CHAPITRE III

LA DYNAMIQUE DU CONTRÔLE MOTEUR ET LES RÔLES DE LA CONSCIENCE

3.1. Introduction

L'exposé que je j'ai proposé de la manière dont la théorie des processus prédictifs explique les processus de niveau subpersonnel qui supportent l'action motrice peut donner l'impression que, dans cette théorie, l'initiation et le contrôle de n'importe quelle action pourraient être entièrement réalisés par des mécanismes de niveau subpersonnel complètement automatiques, et donc sans que l'émergence d'une expérience consciente ne joue aucun rôle. Et il devient difficile de voir le rôle que pourrait avoir l'expérience consciente, même pré-réfléchie, dans l'action. Cette impression est due au fait que notre exposé a été centré sur l'action qui découle de la perception des affordances; et la théorie des affordances vise d'abord à expliquer l'action qui est immédiatement sollicitée par l'environnement, de manière irréfléchie⁷⁰. Mais cette théorie permet aussi de concevoir le mécanisme qui pourrait être à la base de certaines formes d'action réfléchie, notamment celle basée sur des règles abstraites :

[D]ecisions based on sensory features such as stimulus salience may first appear in parietal cortex and then influence frontal activity. In contrast, decisions based

⁷⁰ Comme nous l'avons vu, la théorie des affordances explique ceci non pas en disant (comme le béhaviorisme classique) que des stimuli déclenchent des actions, mais en soutenant que les actions potentielles participent de la constitution des stimuli.

on abstract rules may first be expressed in frontal regions and propagate backward to [prefrontal cortex] (Cisek, 2007, p. 1593).

Par ailleurs, aucune version de la théorie des affordances, que ce soit la version originelle proposée par Gibson, ou la version plus récente développée par Cisek et Kalaska, ou encore la version adaptée au cadre théorique des processus prédictifs, que nous avons présentée, ne prétend expliquer complètement tous les types d'action, ou modes d'activité, possibles. Plus spécifiquement, aucune version de la théorie des affordances n'exclut qu'il puisse exister des formes d'action réfléchie qui ne soient pas basées exclusivement sur des affordances et qui pourraient faire intervenir des représentations non « orientées-action » (pour représenter indépendamment des aspects de l'environnement, du corps, de l'action ou encore des objets).

Ayant souligné que notre exposé des processus de niveau subpersonnel qui sous-tendent l'action n'exclut pas la possibilité d'une action réfléchie, et par conséquent la possibilité que la conscience joue un rôle dans l'action, il peut néanmoins encore sembler que nous nous retrouvions avec la même dichotomie que nous avons critiquée dans le premier chapitre. En effet, notre exploration du niveau subpersonnel dans le précédent chapitre (chapitre II) nous a conduits, jusqu'ici, à présenter, d'une part des actions entièrement basées sur la réponse aux affordances, et qu'il semble possible de concevoir sans donner aucun rôle explicatif à la conscience, et d'autre part des actions réfléchies (que je viens de mentionner brièvement). Or, dans le chapitre I, j'ai soutenu, en me basant sur des données de niveau personnel, psychologiques et phénoménologiques, qu'un troisième type d'action existe, dans lequel l'expérience consciente joue un rôle causal bien qu'elle ne soit pas une conscience réfléchie. Nous allons maintenant nous intéresser à un modèle qui fait place à la trichotomie que j'ai défendue et qui propose, pour chacun des trois types d'action (ou modes d'activité), d'intégrer dans une dynamique unique des descriptions phénoménologiques et des

explications de niveau subpersonnel qui présentent un niveau de compatibilité très élevé avec ce que nous avons vu dans le chapitre II.

3.2. Un modèle de la dynamique du contrôle moteur dans les actions difficiles pour l'agent

Le modèle que je vais présenter maintenant est celui proposé par Marc D. Lewis et Rebecca M. Todd (2005). Ce modèle s'inscrit dans le cadre de la théorie des systèmes dynamiques et intègre des données de nature psychologique (phénoménologique) et des données neurophysiologiques. Le modèle de Lewis et Todd est centré sur l'émergence progressive des interprétations émotionnelles (*emotional interpretation*) qui guident nos comportements. Cependant, il ne s'intéresse pas seulement aux aspects spécifiquement émotionnels mais modélise la dynamique dans laquelle les aspects émotionnels de cette interprétation transforment, et sont transformés par, ses aspects moteurs et intentionnels. Sur le plan psychologique (phénoménologique), le modèle distingue trois phases d'interprétation émotionnelle : 1) une phase de déclenchement (*trigger phase*), qui correspond à une légère modification du ressenti émotionnel (*emotional feeling*) qui est toujours présent; 2) une phase d'auto-amplification (*self-amplification*); et 3) une phase d'auto-stabilisation (*self-stabilization*). Lorsque l'interprétation émotionnelle est en rapport avec l'engagement actif d'un agent dans la poursuite d'un but, les trois phases de l'interprétation émotionnelle correspondent à trois niveaux d'obstruction de l'action⁷¹. Sur le plan neurophysiologique, le modèle montre que, lors d'un événement émotionnel, il se produit une intégration progressive de différentes zones cérébrales par synchronisation de phase (*phase synchrony*; voir notre section sur la théorie des systèmes dynamiques), selon un axe vertical, lequel va de l'ensemble tronc cérébral-hypothalamus au cortex préfrontal (notamment le cortex orbito-frontal, le cortex cingulaire antérieur et l'insula), en passant par le « système

⁷¹ Lewis et Todd emploient l'expression « *goal blockage* ». Je préfère le terme « *obstruction* », employé par Rietveld (2008) (et par Lewis et Todd dans l'introduction de leur article), parce que, à mon avis, il tend moins à suggérer un blocage total du mode d'activité en cours.

limbique » (notamment l'amygdale et le striatum des ganglions de la base). Le modèle intègre ensuite les descriptions phénoménologique et neurophysiologique dans une dynamique temporelle unique. Les explications de niveau subpersonnel dans le modèle de Lewis et Todd, étant formulées en termes de systèmes dynamiques, sont compatibles avec les explications de niveau subpersonnel que nous avons vues jusqu'ici⁷². Cependant, le modèle de Lewis et Todd, datant de 2005, n'est pas formulé dans les termes de la théorie des processus prédictifs. Après en avoir présenté les grandes lignes, je tenterai de transposer le modèle de Lewis et Todd dans le cadre de la théorie des processus prédictifs.

Dans le but d'introduire le modèle de Lewis et Todd (et d'en voir la pertinence pour notre réflexion), revenons à la dichotomie entre action automatique⁷³ et action réfléchie. Il est commun de penser que, dans nos comportements, nous passons d'un mode d'activité automatique à un mode d'activité réfléchie lorsqu'il y a rupture de l'action automatique, c'est-à-dire lorsque le déroulement automatique de l'action ne permet plus de progresser de manière satisfaisante vers l'atteinte de notre but. Nous avons vu, dans le chapitre I, qu'Hubert Dreyfus adhère à cette idée. Il soutient également que ce changement de mode d'activité distingue l'activité experte de l'activité non-experte : selon Dreyfus, le fonctionnement de l'expert est entièrement automatique, il ne fait aucune place au mode d'activité réfléchie. D'autres (par exemple

⁷² On pourrait nous faire la remarque que le modèle de Lewis et Todd fait une place importante à l'interprétation des voies visuelles dorsale et ventrale en termes de « *what* » et de « *where* », et que pour cette raison, ce modèle n'est pas compatible jusque dans le détail avec la version de la théorie des affordances de Cisek et Kalaska, qui interprète les deux voies en termes de « *what to do* » et de « *how to do it* » (voir note 68). Mais, l'approche « *what to do; how to do it* » pourrait être substituée à l'approche « *what; where* » dans le modèle de Lewis et Todd sans perdre en cohérence. On peut donc dire que ce modèle est compatible avec la théorie des affordances de Cisek et Kalaska sur ce point; et je soutiens qu'il l'est en général.

⁷³ Par soucis de concision, j'emploierai à partir de maintenant le terme « automatique » pour caractériser les actions ou activités dans lesquelles aucune forme de conscience de l'action ne joue un rôle causal (peu importe qu'il y ait absence totale de conscience de l'action ou présence d'une conscience marginale).

Brievik, 2013) s'accordent avec Dreyfus sur le principe qu'une rupture du mode automatique entraîne le passage à un mode d'activité réfléchi, mais sont en désaccord sur l'extension des activités pour lesquelles le mode automatique est suffisant. Ils soutiennent que l'activité experte comporte des ruptures du mode automatique et donc des moments d'activité réfléchi. Le modèle de Lewis et Todd est également en accord avec l'idée selon laquelle, lorsque le déroulement automatique de l'action ne permet plus de progresser de manière satisfaisante vers l'atteinte de notre but, notre mode d'activité ne peut plus être complètement automatique et se transforme. Mais il propose une analyse de grain plus fin, comprenant des changements plus graduels de mode d'activité. Ce modèle soutient ainsi l'idée que trois niveaux d'obstruction de l'action peuvent être distingués. La « rupture » que l'on trouve chez différents auteurs correspond, dans le modèle de Lewis et Todd, au « niveau 3 d'obstruction », c'est-à-dire au niveau d'obstruction le plus radical. Ce modèle comprend donc deux niveaux auxquels l'obstruction de l'action est moins radicale que la rupture; par suite, il comprend (au moins) un mode d'activité intermédiaire entre le mode automatique et le mode réfléchi⁷⁴.

Le premier niveau d'obstruction correspond à un délai prévisible et non remarqué⁷⁵ dans la progression vers un but. Ce court délai déclenche la première phase d'une

⁷⁴ Mon interprétation (dont on trouvera la justification dans la présentation du modèle qui suit) est que le niveau 1 d'obstruction entraîne le passage d'un mode d'activité automatique sans aucune conscience de l'action à un mode d'activité également automatique accompagné d'une conscience marginale (sans rôle causal) de l'action. Si on accepte cette interprétation, on peut soit dire que le modèle de Lewis et Todd comprend deux modes d'activité intermédiaires entre le mode *maximalement* automatique (sans conscience) et le mode réfléchi, soit dire que le modèle comprend *un* mode intermédiaire entre l'automatique et le réfléchi *et* une nuance à l'intérieur de la catégorie « automatique ». Je préfère la deuxième option parce que, par définition, la présence d'une conscience sans rôle causal ne modifie pas le degré d'automatisme (donc il serait artificiel de distinguer un mode « *maximalement* automatique » sur la base de la présence d'une telle conscience).

⁷⁵ Lewis et Todd n'établissent pas explicitement un lien entre les caractères « prévisible » et « non remarqué » du délai, à ce niveau d'obstruction. On peut penser que c'est parce que le délai est prévisible qu'il n'est pas remarqué. Comme nous le verrons plus loin, la théorie des processus prédictifs implique cette hypothèse.

dynamique auto-organisationnelle (*trigger phase*). Cette première phase comprend notamment l'activation de l'amygdale. Cette dernière est, selon Lewis et Todd, responsable de l'activation de différents systèmes au niveau du tronc cérébral⁷⁶, ce qui a pour effet, à la fois, de déclencher des plans d'action automatisés⁷⁷ et de délivrer des neurotransmetteurs vers d'autres systèmes du cerveau et du corps⁷⁸. Cette libération de neurotransmetteurs a pour effet que, après seulement 50 à 100 ms suivant la présentation d'une obstruction, l'intégration verticale implique des activations coordonnées à travers l'ensemble de l'« axe neural » (tronc cérébral -- système limbique -- cortex). Les activations du cortex temporal et du cortex postérieur permettraient de cibler (*targeting*) quelques aspects de l'environnement qui sont émotionnellement pertinents. L'activation du cortex pariétal permettrait l'intégration des informations sensorielle et somatique. Le cortex cingulaire postérieur pourrait être responsable de petites modifications des routines automatisées déclenchées par le tronc cérébral. Le cortex insulaire (*insula*), de par sa proximité avec le système limbique et ses connexions directes avec l'amygdale et le tronc cérébral, apparaît à Lewis et Todd comme l'organe des sentiments affectifs (*affective feelings*); il jouerait ce rôle dès les premières phases d'une interprétation émotionnelle. Les sentiments affectifs dont il est question ici initient la focalisation de l'attention sur la tâche à réaliser et dirigent les activités cognitives et perceptuelles vers l'atteinte du résultat désiré (« toward

⁷⁶ Le tronc cérébral est composé de nombreux noyaux qui peuvent entrer en interactions dynamiques les uns avec les autres et ainsi former des systèmes.

⁷⁷ Le tronc cérébral, comme le cortex moteur, a des connexions descendantes directes avec des motoneurons, au niveau de la moelle spinale, ce qui lui permet de déclencher directement certains mouvements automatisés (voir Mertens, 2002).

⁷⁸ O'Reilly *et al.* (2012, p. 74) confirment, comme beaucoup d'autres sources, la capacité du tronc cérébral à activer de nombreuses zones du cerveau au moyen de neurotransmetteurs (ils précisent que le *locus coeruleus* et l'*aire tegmentale ventrale*, qui sont deux régions du tronc cérébral, ont notamment la capacité de libérer de la dopamine et de l'adrénaline – *norepinephrine*, « all over the cortex »). Surtout, ils soulignent que le cortex frontal est une des principales zones ainsi activées par le tronc cérébral. Cette information est importante parce qu'elle implique que les mouvements et routines d'action automatisés qui sont déclenchés dans la première phase d'auto-organisation (*trigger phase*) ne se limitent pas nécessairement à ceux qui sont déclenchés directement par le tronc cérébral, mais pourraient aussi impliquer une activité du cortex moteur.

achieving the desired outcome »; Lewis et Todd, 2005, p. 29). Mais, ils ne dirigent pas l'attention vers eux-mêmes, de sorte qu'ils demeurent implicites. Ils sont vécus sur un mode de conscience pré-réfléchi (« *pre-attentive* », « *background awareness* »)⁷⁹. Enfin, il est important de remarquer que, selon Lewis et Todd, durant cette première phase d'auto-organisation, les activations au niveau du cortex n'impliquent pas encore le cortex préfrontal.

Lorsque les routines d'action sélectionnées et réalisées automatiquement ne permettent pas de surpasser l'obstruction rencontrée dans la progression vers un but, même après que des petites modifications aient été apportées pour adapter les routines au contexte présent, Lewis et Todd parlent d'une obstruction de niveau 2. Selon eux, la dynamique auto-organisationnelle entre dans une phase d'auto-amplification. Nous avons vu que, dans le modèle de Lewis et Todd, la dynamique auto-organisationnelle commence avec le déclenchement, par l'amygdale, de différentes activités au niveau du tronc cérébral (visant à la fois des régions du corps et d'autres régions du cerveau). La phase d'auto-amplification commence avec le même processus, mais amplifié. Le striatum (qui fait partie des ganglions de la base) participe, avec l'amygdale (située anatomiquement dans son prolongement direct), à l'activation accrue du tronc cérébral. Cette activation recrute de nouvelles zones du cortex et amplifie l'activité des zones déjà activées dans la phase précédente. Ainsi, l'amplification de l'activité au niveau du cortex postérieur et temporal renforcerait le ciblage d'événements émotionnellement pertinents dans l'environnement. L'activation accrue du cortex insulaire aurait pour effet de renforcer les sentiments affectifs pré-réfléchis, ce qui conduit Lewis et Todd à parler d'une émergence de *sensations émotionnelles* à ce niveau d'obstruction, bien que ces

⁷⁹ Lewis et Todd parlent de conscience pré-attentive ou de conscience d'arrière plan (*preattentive or background awareness*), «when something is subjectively felt but not “cognitively accessed.” With respect to affects, such as those accompanying emotions, preattentive awareness can include feelings (e.g., tightness in the chest) before they are the object of focal attention. Our use of preattentive awareness is similar to the notion of implicit consciousness in some accounts» (Lewis et Todd, 2005, p. 4).

sensations demeurent implicites et ne soient pas encore interprétées par l'agent comme des émotions à proprement parler. Enfin, Lewis et Todd soulignent que les études d'ERPs (*event-related potentials*)⁸⁰ montrent que certaines zones du cortex préfrontal commencent à être activées durant la phase d'auto-amplification. Durant cette phase, on peut notamment observer, après environ 200 à 400 ms suivant l'obstruction, une ERN (*error-related negativity*; il s'agit d'une composante des ERPs, de nature négative, c'est-à-dire inhibitrice)⁸¹. Ce signal démontre (selon de nombreuses études; par exemple Luu *et al.*, 2003; van Veen et Carter, 2002) une activation au niveau du cortex cingulaire antérieur qui pourrait, selon Lewis et Todd, médier (*mediate*) une attention de type holistique, focalisée sur l'action à entreprendre et les conséquences anticipées de cette action. Au niveau personnel, cela correspondrait à un effort cognitif délibéré (*a deliberate cognitive effort*), focalisé sur les moyens pour surpasser l'obstruction : les actions potentielles seraient évaluées, en considérant leurs effets prévisibles, pour permettre le choix d'une action. L'obstruction elle-même demeure, selon Lewis et Todd, généralement implicite, à ce niveau, tout comme les sensations émotionnelles (comme nous l'avons déjà mentionné).

Lorsque l'obstruction persiste, la synchronisation des activités à travers l'axe neural s'intensifie. Lewis et Todd parlent d'une obstruction de niveau 3 et d'une phase d'auto-stabilisation. Des rétroactions neuronales négatives réduiraient alors les déviations et fluctuations dans l'activité des différents systèmes, ce qui entraînerait, selon Lewis et Todd, une réduction de la complexité des élaborations cognitives. L'attention serait alors focalisée sur les sentiments et sensations émotionnelles. Dans cette phase d'auto-stabilisation, les activations du cortex préfrontal s'étendent à toute cette région, au-delà

⁸⁰ Un «ERP» correspond à la moyenne des oscillations corticales synchrones enregistrées à travers une série d'EEG. Il s'agit d'un potentiel d'action lié à un événement. Le délai qui sépare un tel potentiel de l'événement auquel il est lié est une caractéristique importante dans une perspective dynamique.

⁸¹ Rietveld (2008) relève plusieurs études selon lesquelles l'ERN se produirait environ 100 ms après le stimulus.

de la zone du cortex cingulaire antérieur. La temporalité de la synchronisation du cortex préfrontal est indiquée par l'observation d'une deuxième composante d'ERP, la Pe (*error-positivity*), quelques centaines de millisecondes après l'ERN, soit environ 800 ms après le début de l'obstruction. Selon Lewis et Todd, les activations au niveau du cortex préfrontal ventral sont (en partie) causées par le cortex insulaire (qui a des connexions directes avec lui) et le cortex insulaire représente une carte du milieu interne, «intensely coloured by emotional feeling states » (Lewis et Todd, 2005, p. 32). L'activation du cortex préfrontal par le insulaire entraînerait l'approfondissement de l'interprétation émotionnelle. À cette activation pourrait correspondre, au niveau personnel, l'émergence d'une conscience explicite de la signification émotionnelle des événements, qui permet ensuite la prise de conscience, par l'agent, des intentions qui motivent son action. Lewis et Todd soutiennent également que le cortex préfrontal a la capacité de contraindre des systèmes dans de nombreuses parties du cerveau par le biais de neurotransmetteurs. Ceci entraînerait notamment un réglage de l'attention sur « comment sont les choses » réellement, plutôt que sur « comment nous aimerions qu'elles soient ». En termes de processus prédictifs, comme nous l'avons vu, cela correspond à une augmentation de la précision des signaux d'erreur générés par les prédictions extéroceptives. De plus, la répétition des prises d'information sensorielle pourrait entraîner le cortex orbito-frontal et d'autres régions du cortex préfrontal et frontal dans des processus impliquant la mémoire de travail et l'élaboration d'associations explicites. Ainsi, au niveau personnel, l'agent accéderait à une reconnaissance ou une évaluation consciente du stimulus, c'est-à-dire de l'obstruction comme telle. La conscience explicite de ses intentions et de l'obstruction rencontrée pourrait, à ce stade, permettre à l'agent de choisir entre maintenir la poursuite du même but, mais avec une focalisation (objet) et une concentration (intensité) de l'attention renouvelées, d'une part, ou, d'autre part, reconnaître que la présente intention est inatteignable, ou moins pertinente qu'elle le semblait précédemment, et changer de but.

Je terminerai cette présentation du modèle de Lewis et Todd avec une remarque importante : dans ce modèle, à mesure que l'intégration verticale progresse, les zones cérébrales impliquées au début (niveau 1) ne sont pas remplacées par d'autres. Les systèmes nouvellement activés agissent comme paramètres de contrôle sur les systèmes déjà activés; l'activité de ces derniers ne cesse pas, au contraire, elle est généralement amplifiée.

3.3. Le modèle de Lewis et Todd et la théorie des processus prédictifs

Le modèle de Lewis et Todd n'est pas formulé dans les termes de la théorie des processus prédictifs. Dans le but d'intégrer ce modèle avec ce que nous avons vu au chapitre II, je vais, dans la présente section, proposer une interprétation du modèle dans le cadre de la théorie des processus prédictifs et de la théorie de la compétition d'affordances. J'emploierai parfois alternativement, parfois simultanément, les terminologies respectives de ces deux théories. Cette intégration nous permettra de revenir, dans la section suivante, à la question du rôle de la conscience dans l'action motrice (experte), avec une perspective nouvelle.

Il est probable que le déroulement de toute action, même la plus habituelle et automatisée, rencontre des obstructions de niveau 1. À chaque obstruction de ce niveau, l'affordance⁸² qui avait été sélectionnée plus tôt, et qui est présentement en cours de

⁸² À partir d'ici et jusqu'à la fin du mémoire, je vais souvent parler de « spécification », de « sélection », et d'« émergence » des affordances. Je ne crois pas que Gibson aurait admis ces expressions parce que, dans sa théorie, au moment où une situation se présente, les déterminants d'une affordance sont déjà présents dans l'environnement et dans l'animal. Il aurait peut-être été plus approprié de parler, dans certains cas, de spécification/ sélection/ émergence *des représentations qui actualisent une affordance*, et, dans d'autres cas, de spécification/ sélection/ émergence *de la sollicitation d'une affordance*. Je prie le lecteur de m'accorder l'usage des formules courtes. Cisek et Kalaska, pour leur part, parlent de spécification/sélection *des actions*. J'aurais pu suivre leur usage, mais je craignais que, dans un texte de la longueur d'un mémoire, le lecteur oublie, à la longue, le cadre théorique des affordances et finissent par comprendre les processus de spécification et de sélection comme les étapes intermédiaires d'un mécanisme sériel de type perception—cognition--action.

réalisation, est maintenue mais est aussi légèrement modifiée⁸³. C'est la raison pour laquelle, dans l'activité cérébrale enregistrée à la suite d'une obstruction de niveau 1, on trouve plus d'activations qui correspondent à la spécification des affordances (« *how to do* »), notamment au niveau du cortex pariétal⁸⁴, que d'activations qui correspondent à la sélection (« *what to do* »), par exemple au niveau des ganglions de la base ou du cortex préfrontal. En termes de processus prédictifs, une obstruction du déroulement de l'action signifie que des prédictions génèrent des signaux d'erreur. Dans une obstruction de niveau 1, l'hypothèse de plus haut niveau⁸⁵ est maintenue (parce que les prédictions de précision diminuent le poids des signaux d'erreurs), alors que certaines prédictions de bas niveau sont actualisées (suite à la modification des probabilités préalables de ces prédictions par l'activité perceptive).

Lorsque les petites modifications des prédictions de bas niveau ne suffisent pas à surpasser l'obstruction, on a affaire à une obstruction de niveau 2. L'activité qui permet l'émergence des affordances doit être amplifiée, à la fois quantitativement (un plus grand nombre d'affordances doivent être simulées) et qualitativement (les affordances doivent être *spécifiées* avec une plus grande précision pour s'adapter de manière plus

⁸³ Dans le but de rendre mon texte plus agréable à lire, je formule souvent, dans cette section, des affirmations au présent de l'indicatif, là où le conditionnel aurait pu être plus rigoureusement approprié pour indiquer que ce que je présente sont des hypothèses qui constituent ma propre interprétation. Le lecteur devra donc garder à l'esprit que la valeur de vérité de ces hypothèses dépend de deux conditions : 1) la validité des relations que j'établis entre les différentes théories et modèles convoqués; et 2) la valeur de vérité de ces théories et modèles eux-mêmes.

⁸⁴ Remarquons que les modèles que nous avons considérés (Lewis et Todd, 2005; Cisek, 2007; Cisek et Kalaska, 2011) ne soulignent pas beaucoup le rôle du cervelet, mais d'autres modèles et études (par exemple Doya, 2000; Houk *et al.*, 2007; O'Reilly *et al.*, 2012) suggèrent que cette structure joue probablement un rôle important dans la spécification des affordances (détail de l'action).

⁸⁵ « De plus haut niveau » signifie, ici, « à un niveau hiérarchique plus élevé que celui des prédictions dont il est question dans la deuxième partie de la phrase ». Ce n'est pas nécessairement le plus haut niveau hiérarchique. Ou peut-être que ça l'est à ce moment précis de la dynamique auto-organisationnelle, mais que ça ne le sera plus lorsque l'intégration verticale aura recruté des systèmes hiérarchiquement supérieurs. Ceci dit, il n'est pas certain que toute l'intégration verticale puisse être comprise comme l'ajout d'étages à une unique hiérarchie; certains des systèmes qui seront recrutés pourraient plutôt être des hiérarchies parallèles à la hiérarchie principale (et en interaction avec elle).

fine à l'environnement et pour pouvoir être discriminées entre elles). C'est exactement ce que Lewis et Todd rapportent dans la phase d'auto-amplification de leur modèle. Cette phase comprend également des activations au niveau des ganglions de la base (striatum) et du cortex cingulaire antérieur, qui pourraient correspondre à une intensification de l'activité de *sélection* des affordances (« *what to do* »). En termes de processus prédictifs, cela pourrait vouloir dire qu'aucune hypothèse concurrente ne s'élève (en termes de probabilité postérieure) suffisamment pour « renverser » l'hypothèse sélectionnée précédemment. Il faut se rappeler que le maintien de l'hypothèse sélectionnée précédemment est renforcé par un biais (diminution) au niveau des signaux d'erreurs que cette hypothèse engendre⁸⁶. Ceci a pour effet d'augmenter artificiellement la probabilité postérieure de l'hypothèse sélectionnée précédemment. L'hypothèse⁸⁷ que je propose est que, dans le cas d'une obstruction de niveau 2, les réseaux neuronaux responsables de l'implémentation des hypothèses, de leurs probabilités respectives, et de leurs probabilités de précision respectives, ne détectent pas par eux-mêmes le fait que l'hypothèse maintenue jusque-là ne permet plus de progresser vers le but de manière satisfaisante. Pour détecter cela, un système jusqu'alors pas (ou peu) activé doit s'activer. C'est le cortex cingulaire antérieur qui semble jouer ce rôle, et son activation est indiquée par la présence d'un ERN. Ensuite, une fois que le cortex cingulaire antérieur a détecté qu'il y a un problème avec l'hypothèse actuelle, il faut encore que la sélection de cette hypothèse soit inhibée, afin qu'une compétition entre hypothèses (compétition d'affordances) *non biaisée*⁸⁸ puisse reprendre. Autrement dit, (si ce que nous avons vu précédemment est juste) il faut que le biais de précision en faveur de l'hypothèse maintenue jusque-là soit inhibé. Nous avons vu également (chapitre II) que ce sont des neuromodulateurs, notamment la

⁸⁶ Nous avons vu, au chapitre II, que la prédiction de précision de l'hypothèse (affordance) sélectionnée est artificiellement biaisée pour permettre l'effectuation de l'action correspondante.

⁸⁷ Attention à ne pas se mélanger : je propose ici une *hypothèse* (scientifique) à propos d'un mécanisme dans lequel des *hypothèses* (neuronales) sont en jeu.

⁸⁸ La compétition sera biaisée par l'information perceptive, mais toutes les hypothèses partiront à égalité.

dopamine dans le cas des prédictions proprioceptives, qui sont responsables du biais des prédictions de précision. Il faut donc qu'un système capable de modifier les distributions de neuromodulateurs (notamment de dopamine) s'active; ce pourrait être le rôle des ganglions de la base⁸⁹. Lorsque cela se produit, une affordance nouvellement spécifiée apparaît immédiatement comme plus pertinente pour continuer à progresser vers le but et est automatiquement sélectionnée.

Dans le cas où la compétition d'affordances « réinitialisée » de la manière que l'on vient de voir ne fait émerger aucune affordance plus pertinente que celle testée précédemment, ou encore dans le cas où la compétition d'affordances fait émerger une affordance qui ne s'avère pas plus efficace que la précédente lorsqu'elle est effectivement testée, on a alors affaire à une obstruction de niveau 3. Le cerveau a simulé, ou testé réellement, toutes les hypothèses qui émergent en lui de manière automatique. Il a maximisé toutes les prises d'informations possibles pour générer de nouvelles hypothèses. Malgré cette amplification de ses « activités de recherche », le cerveau n'a trouvé aucune hypothèse permettant de résoudre le problème qui se pose à lui : continuer de progresser vers son but. Un chercheur à court d'hypothèses doit parfois changer de théorie, pour attribuer une signification nouvelle aux données en présence ou faire apparaître des données d'un type nouveau, voire changer de paradigme et ainsi attribuer des buts ou un sens nouveau à toute sa recherche. D'une manière un peu comparable, l'activité du cerveau, lorsqu'elle est confrontée à une obstruction de niveau 3, attribue un sens nouveau à certains patrons d'activité. Des hypothèses qu'on pourrait qualifier de *macro* en ce sens qu'elles portent sur des objets ou événements du monde (incluant le corps), sont émises à propos de patrons d'activité

⁸⁹ La capacité des ganglions de la base à effectuer un jeu complexe d'inhibitions et désinhibitions par le biais de la dopamine est bien connu. Le rôle de ces mécanismes dans la sélection des actions (motrices et cognitives) est assez largement accepté également (voir par exemple Houk *et al.*, 2007; O'Reilly, 2016; et plus directement lié à ma proposition : Cisek, 2007; Cisek et Kalaska, 2011; mais voir Turner et Desmurget, 2010, pour des critiques de cette idée). Ce qui est plus spéculatif dans l'hypothèse que je propose est l'interprétation en termes de « renversement » des prédictions de précision.

qui étaient jusque-là intégrés dans des patrons holistiques. Comme nous l'avons vu dans le chapitre II, les représentations qui supportent la computation des affordances sont des représentations *orientées-action* qu'on ne peut pas discriminer ou analyser en employant les catégories « perception », « cognition », « action ». Conséquemment à cela, les hypothèses (affordances) générées par le cerveau dans les phases d'auto-organisation qui correspondent aux niveaux 1 et 2 d'obstruction sont des hypothèses à propos de *que-faire-et-comment-faire-pour-atteindre-ce-but-dans-cet-environnement-en-surpassant-cette-obstruction*, c'est-à-dire des hypothèses holistiques. Au niveau 3 d'obstruction, le cerveau peut générer des hypothèses séparées à propos des objets et événements qui composent l'environnement, à propos des actions élémentaires voire des mouvements qui composent l'action, et à propos des sensations émotionnelles. Cela permet l'émergence d'une grande variété de processus cognitifs sur lesquels nous reviendrons plus en détail plus loin dans ce chapitre.

Dans les paragraphes précédents, j'ai commencé à interpréter le modèle de Lewis et Todd en termes de compétition d'affordances et de processus prédictifs. Cela a permis de montrer la possibilité d'une grande variété de processus permettant le contrôle de l'action, autrement dit, une grande variété de manières de générer des hypothèses à propos des actions appropriées pour atteindre un but dans un contexte donné. Mais jusqu'à présent j'ai peu mentionné une dimension pourtant centrale du modèle : la dimension affective et émotionnelle. Quelle est précisément la relation entre cette dimension et le contrôle moteur dans le modèle de Lewis et Todd? Et dans le nouveau cadre interprétatif que nous venons d'adopter (celui des processus prédictifs)?

Lewis et Todd (2005, p. 10) soutiennent que les « émotions »⁹⁰, qu'elles soient positives comme l'intérêt ou l'attraction, ou négatives comme la peur ou la colère, nous

⁹⁰ Dans le passage auquel je réfère ici, Lewis et Todd parlent des « émotions » mais il aurait peut-être été plus juste de parler des « affects », ou des « affects ou des émotions ». C'est en tout cas ce que suggère la distinction entre affect (« your basic sense of feeling, ranging from unpleasant to pleasant

poussent à satisfaire immédiatement les buts qui émergent de l'interaction entre notre organisme, notre cerveau et l'environnement⁹¹. Les émotions dirigent notre action de manière à atteindre ces buts. Lorsque le but peut être atteint immédiatement (*right away*), l'action est exécutée et « les émotions qui l'ont dirigée disparaissent rapidement, souvent avant que nous sachions qu'elles étaient présentes » (Lewis et Todd 2005, p. 11)⁹². Dans le chapitre II, j'ai souligné à plusieurs reprises l'importance de pouvoir expliquer le contrôle de l'action et les intentions sans faire intervenir un homoncule. Le modèle de Lewis et Todd illustre bien comment la théorie des systèmes dynamiques peut permettre cela. En effet, dans ce modèle, les systèmes qui implémentent les affects et les émotions jouent le rôle de paramètres de contrôle sur les systèmes qui contrôlent l'action. Mais la relation causale ne se produit pas seulement dans ce sens descendant (*top-down*), elle est aussi en sens inverse (*bottom-up*), de sorte que Lewis et Todd (2005, p. 21) soutiennent qu'il existe une causalité circulaire entre ces systèmes. Je vais maintenant proposer une interprétation en termes de processus prédictifs de la relation entre émotions (ou affects) et action dans le modèle de Lewis et Todd, en prenant appui sur le modèle des émotions de Lisa Feldman Barrett (2017a), qui est formulé en termes de processus prédictifs.

Les modèles respectifs de Lewis et Todd et de Feldman Barrett m'apparaissent largement compatibles mais diffèrent sur un point important. Le modèle de Feldman Barrett fait partie des théories constructionnistes (*constructionist theories*) des émotions. Feldman Barrett oppose radicalement ce type de théorie aux théories des émotions qu'elle appelle « classiques ». Les théories classiques ont en commun, selon

(valence), and from agitated to calm (arousal) ») et émotion (« une construction mentale beaucoup plus complexe ») proposée par Lisa Feldman Barrett (2016a).

⁹¹ Dans les termes de la théorie des affordances, les buts émergents sont des « structures imbriquées (*nested*) d'affordances inter-reliées ». Bruinberg et Rietveld (2014, p. 3) soutiennent que les affordances sont toujours rencontrées de cette manière, jamais comme des séries de possibilités d'action séparées.

⁹² Dans le type de cas décrit ici, c'est clairement des affects plutôt que des émotions qui dirigent l'action.

elle (voir Feldman Barrett, 2017a, p. xi), de considérer les émotions comme des composantes fixes et universelles de notre « nature biologique » : l'évolution, suivant ces théories, aurait doté tous les êtres humains, quels que soient leur âge, leur culture, leur origine sociale ou géographique, du même ensemble d'émotions. De plus, chaque émotion serait basée sur un circuit neural fixe qui déclencherait, chez tout individu et en toute occurrence, les mêmes réactions corporelles. Ainsi, à chaque émotion correspond, dans les théories classiques, une empreinte (*fingerprint*) à la fois neurale et corporelle.

Feldman Barrett définit sa « théorie des émotions construites », et, plus généralement, les théories constructionnistes, en opposition radicale avec les théories classiques sur les points que je viens de mentionner. Ainsi, selon une théorie constructionniste, nous n'avons pas en nous des émotions préconstruites sous la forme de circuits neuraux fixes. Chaque événement émotionnel particulier est basé sur un patron d'activations neurales unique : lors de deux événements où un individu a eu peur, par exemple, les ensembles de régions cérébrales qui se sont respectivement activées ne sont pas nécessairement entièrement identiques; et à l'intérieur des régions qui se sont activées dans les deux cas, les ensembles de neurones activés ne se superposent pas non plus entièrement. Les émotions n'ont donc pas une empreinte neurale, selon cette théorie, puisque deux événements émotionnels appartenant à la même catégorie émotionnelle peuvent être basés sur des activations neurales différentes. Les émotions n'ont pas non plus, d'après cette théorie, une empreinte corporelle : les signes corporels d'une émotion donnée diffèrent d'un individu à l'autre (surtout s'ils appartiennent à des cultures différentes), et même d'une situation à l'autre pour un même individu. Les théories constructionnistes considèrent que les émotions sont construites dans chaque situation particulière. Dans la théorie des émotions construite de Feldman Barrett, construire une émotion c'est émettre une hypothèse qui permet de catégoriser la situation présente.

Feldman Barrett présente un troisième type de théories des émotions : les théories de l'évaluation (*appraisal theories*). Par rapport aux deux autres, ce type de théorie est transversal : il existe des théories de l'évaluation qui sont des théories classiques et d'autres qui sont des théories constructionnistes (Feldman Barrett, 2016b). Feldman Barrett mentionne qu'il existe des théories de l'évaluation qui ont d'abord été formulées en termes classiques, puis qui ont évolué, au fil des années, pour devenir des théories constructionnistes. Elle ajoute que c'est notamment le cas de la théorie de Nico Frijda, sur laquelle s'appuie le modèle de Lewis et Todd.

Le modèle de Lewis et Todd s'écarte des théories classiques, telles que Feldman Barrett les caractérise, sur les points suivants : 1) il ne modélise pas une émotion comme un patron d'activation neurale prédéterminé mais plutôt comme une dynamique neurale unique, émergeant en fonction de l'évolution de la situation particulière; 2) il ne cherche pas, contrairement aux théories classiques, à établir un lien entre un type d'activation neurale et un type particulier d'émotion. Ainsi, même si Lewis et Todd ne rattachent pas explicitement leur modèle aux théories constructionnistes, il semble au moins compatible avec ces théories. D'un autre côté, même si Feldman Barrett n'associe pas sa théorie aux théories de l'évaluation, elle semble néanmoins admettre une compatibilité entre sa théorie et les théories *constructionnistes* de l'évaluation. Ainsi, au-delà de certaines différences terminologiques, les modèles de Feldman Barrett et de Lewis et Todd apparaissent largement compatibles.

Cependant, il existe une différence entre ces modèles qui n'est pas exprimée par les différences terminologiques que nous venons de voir. Le modèle de Feldman Barrett s'inscrit dans la théorie de processus prédictifs, alors que le modèle de Lewis et Todd reste réactif, dans le sens où l'activation (de niveau variable) des systèmes neuraux sur lesquels sont basées les émotions est *déclenchée en réaction* à un événement interne

ou externe⁹³. Étant donné que le modèle de Lewis et Todd s'inscrit dans une approche dynamique et souligne la circularité des interactions entre les différents systèmes cérébraux, il serait caricatural d'affirmer qu'il décrit un fonctionnement simplement *bottom-up*. Néanmoins, dans le modèle de Lewis et Todd, l'activité *bottom-up* est primordiale, et l'interprétation émotionnelle reste temporellement secondaire par rapport à (c'est-à-dire en réaction à) un événement déclencheur. Par exemple, Lewis et Todd (2005, p. 22) parlent d'une *activation* du cortex insulaire *par* le tronc cérébral, d'abord modérée dans la phase de déclenchement, puis amplifiée dans la phase d'auto-amplification où d'autres zones des régions limbique et paralimbique seraient aussi activées (comme nous l'avons vu plus haut).

Ces régions jouent aussi un rôle très important dans le modèle de Feldman Barrett. Mais, dans ce modèle, les régions limbique et paralimbique « n'attendent pas » d'être activées par le tronc cérébral pour jouer un rôle dans la dynamique de l'action et des affects (et émotions). Au contraire, ces régions, qui constituent ce que Feldman Barrett appelle le « réseau intéroceptif » (*interoceptive network*), émettent en permanence des prédictions à destination, notamment, du tronc cérébral.

Nous sommes maintenant familiers avec l'idée que, selon la théorie des processus prédictifs, le cerveau émet en permanence des prédictions à propos de ses propres activités et de celles de l'organisme. Or toutes ces activités consomment de l'énergie; en particulier les activités motrices. Une fonction importante de l'activité prédictive du cerveau doit donc être la prédiction des dépenses et recettes énergétiques (c'est-à-dire du « budget énergétique », pour reprendre l'expression de Feldman Barrett). Chaque hypothèse à propos d'une action possible comporte des prédictions à propos des

⁹³ Rappelons-nous, la première phase auto-organisationnelle du modèle est nommée « *trigger phase* ». Et Lewis et Todd (2005, p. 21) précisent que « the rapid synchronization of the entire brain through a process of "vertical integration" [...] is hypothesized to occur whenever a significant change in internal or external events *triggers* an emotion [...] » (italique ajouté).

mouvements internes de l'organisme qui régulent les besoins énergétiques (par exemple le rythme cardiaque, la dilatation ou la constriction des vaisseaux sanguins, sécrétions hormonales, etc.). Cette activité prédictive est appelée « allostasie » (voir Sterling, 2012). Selon Feldman Barrett, c'est la plus importante des activités prédictives du cerveau (« Your brain is always predicting, and its most important mission is predicting your body's energy needs» Feldman Barrett, 2017a, p. 66) et c'est elle qui dirige (*driving*) l'activité prédictive générale du cerveau (Feldman Barrett, 2016d).

Dans le modèle de Feldman Barrett, c'est le réseau intéroceptif qui est responsable des prédictions allostatiques, autrement dit de prédire le budget corporel. Ce réseau est composé de deux parties qui participent d'une boucle prédictive. La première partie est constituée des neurones « viscéromoteurs » qui forment les « régions du budget corporel » (*body-budgeting regions*), notamment dans les zones limbique et paralimbique du cortex : les trois parties (antérieure, médiane et postérieure) du cortex cingulaire et la partie antérieure du cortex insulaire⁹⁴. Ces régions contrôlent les mouvements internes de l'organisme en régulant les noyaux sous-corticaux qui agissent directement sur les organes internes⁹⁵. Les régions du budget corporel envoient aussi des prédictions des conséquences intéroceptives de ces régulations vers l'autre partie du réseau intéroceptif : le cortex intéroceptif primaire, constitué des parties médiane et postérieure du cortex insulaire⁹⁶.

⁹⁴ Les autres régions qui font partie des régions du budget corporel sont : le cortex préfrontal médian, l'aire de Broca, le cortex moteur supplémentaire, le sulcus temporal supérieur, et le gyrus parahippocampique (voir Feldman Barrett, 2016h).

⁹⁵ Les principaux noyaux sous-corticaux impliqués sont : le noyau central de l'amygdale; la portion ventrale du striatum (situé dans les ganglions de la base); la base du prosencéphale (*basal forebrain*), incluant la substance noire (*substantia nigra*); l'hypothalamus; et, dans le tronc cérébral, la substance grise périaqueducatale, l'aire tégmentale ventrale, les couches profondes du colliculus supérieur (mésencéphale), le noyau parabrachial (pont), et les noyaux du tractus solitaire (moelle allongée).

⁹⁶ Pour être plus précis, ce sont, selon Feldman Barrett (2016c), les couches V et VI des régions du budget corporel (cortex cingulaire et cortex insulaire antérieur) qui émettent les prédictions en direction

The two parts of your interoceptive network participate in a prediction loop. Each time your body-budgeting regions predict a motor change, like speeding up the heart, they also predict the sensory consequences of that change, like a pounding feeling in your chest. These sensory predictions are called *interoceptive predictions*, and they flow to your primary interoceptive cortex, where they are simulated in the usual way (Feldman Barrett, 2017a, p. 67-68).

La comparaison entre ces prédictions et les signaux reçus par le cortex intéroceptif primaire en provenance des organes, via le thalamus, donne lieu à des signaux d'erreur qui complètent la boucle prédictive (voir Feldman Barrett, 2017a, p. 68-69). Des sensations intéroceptives (c'est-à-dire de l'intéroception) peuvent aussi être créées dans ce processus. Cependant, nous percevons généralement ce qui se passe à l'intérieur de notre corps de manière imprécise, relativement aux autres perceptions (visuelles, auditives, tactiles etc)⁹⁷. En général, nous faisons seulement l'expérience d'un affect (voir Feldman Barrett, 2016c), c'est-à-dire les sensations intéroceptives ne font généralement pas l'objet d'une perception distincte mais « colorent » notre expérience selon deux dimensions : la valence, positive ou négative, et le niveau d'éveil (*arousal*), calme ou agité.

Par contraste, dans le modèle de Feldman Barrett, une émotion est, comme nous l'avons déjà relevé, « une construction mentale beaucoup plus complexe ». Les affects sont une

des couches II et III du cortex insulaire médian et postérieur. Par ailleurs, Feldman Barrett (2017b, p. 9) soutient que la composition cyto-architecturale de type agrulaire des régions du budget corporel fait en sorte que ces régions peuvent seulement émettre des prédictions et non en recevoir. Cette caractéristique est cohérente avec l'hypothèse selon laquelle les prédictions des régions du budget corporel dirigent l'activité prédictive du cerveau en général.

⁹⁷ Feldman Barrett (2016c) propose trois causes possibles de cette relative imprécision : 1) Une seule synapse sépare les neurones viscéromoteurs du cortex intéroceptif primaire. En comparaison, les flux de prédictions visuelles, auditives ou somatosensorielles traversent de nombreuses connexions synaptiques avant d'arriver aux différents cortex extéroceptifs primaires, ce qui permet l'élaboration des prédictions par des détails nombreux. 2) La couche IV du cortex intéroceptif primaire est moins développée que les couches IV des cortex extéroceptifs primaires. 3) les signaux sensoriels en provenance des viscères sont transmis au cortex par l'intermédiaire d'une portion du nerf vague qui n'est pas myélinisée, ce qui fait que les signaux en provenance de différents neurones peuvent s'influencer les uns les autres.

composante des émotions. Plus précisément, les *prédictions intéroceptives* entrent, avec les prédictions multi-sensorielles et les prédictions motrices (proprioceptives), dans la composition des hypothèses holistiques que le cerveau émet en permanence pour catégoriser les situations et (mais c'est en fait une seule chose) diriger les activités corporelles internes et externes⁹⁸. Dans les situations où au moins une des deux dimensions des affects (valence et éveil) a une valeur très élevée ou très faible, un concept d'émotion est employé pour catégoriser les sensations et construire une instance d'émotion (voir Feldman Barrett, 2017b, p. 9)⁹⁹.

Le réseau intéroceptif, que Feldman Barrett postule réalisé par le « réseau du mode par défaut » (*default mode network*, DMN), est en grande partie responsable de cette catégorisation; du moins il l'initie, en construisant en permanence des « résumés multi-sensoriels » (*multisensory summaries*; Feldman Barrett, 2017a, p. 312). Feldman Barrett parle de résumés parce que, à ce stade, les concepts, ou distributions de probabilités multisensorielles, sont encore dépourvus de détail sensoriel (voir Feldman Barrett, 2016e). Comme la catégorisation vise surtout à diriger le comportement (pour réguler le budget corporel), les résumés multi-sensoriels permettent au réseau intéroceptif d'« envoyer des prédictions sensorielles et motrices à travers tout le cerveau » (Feldman Barrett, 2016f). À partir des résumés multi-sensoriels, des hypothèses peuvent être élaborées avec plus de détail. Ceci est rendu possible par les liens étroits qui existent entre le réseau intéroceptif et deux autres réseaux : le réseau

⁹⁸ Nous retrouvons quelque-chose de semblable aux « représentations orientées-action », en jeu dans la perception des affordances. Le modèle de Feldman Barrett permet d'intégrer la dimension affective à ces représentations (hypothèses, dans le cadre de la théorie des processus prédictifs), et d'en préciser l'implémentation biologique.

⁹⁹ J'emploie ici le terme « concept » dans le sens défini par Feldman Barrett (2017b): « A concept is a collection of embodied, whole brain representations that predict what is about to happen in the sensory environment, what the best action is to deal with impending events, and their consequences for allostasis (the latter is made available to consciousness as affect) ». Ce qui, dans le cadre de la théorie des processus prédictifs, équivaut à dire qu'un concept est un ensemble distribué (à travers le cerveau) de distributions de probabilités multisensorielles pouvant jouer le rôle de probabilité préalable dans les inférences bayésiennes que réalise le cerveau.

d'intégration multi-modale (*multimodal integration network*) et le réseau de contrôle (*control network*) (Feldman Barrett, 2016g).

Lorsqu'on s'intéresse à la régulation du comportement externe, ces trois réseaux (réseau intéroceptif, réseau d'intégration multi-modale et réseau de contrôle) correspondent approximativement aux trois réseaux mis en évidence par Bressler et Menon (2010) : DMN, *salience network* (SN), et *central executive network* (CEN). Et, d'un point de vue fonctionnel, nous pouvons voir une correspondance approximative entre ces trois réseaux et les trois phases de la dynamique auto-organisationnelle décrite par le modèle de Lewis et Todd. En effet, avec ce que nous venons de voir à propos du DMN, il n'est pas difficile de concevoir comment celui-ci peut permettre de spécifier des affordances et, au besoin, de modifier légèrement la spécification de celle qui a remporté (sans difficulté) la compétition. Quant au SN, il permet notamment « la détection de stimuli pertinents pour le comportement » (Menon, 2015, p. 599), la sélection de réponses (notamment motrices) et le monitoring de conflit (Menon, 2015, p. 600; un « conflit » peut être compris comme une compétition d'affordances disputée, où aucune ne se démarque immédiatement). De plus, la réalisation de ces fonctions par le SN est « based on body sensations, irrespective of whether people are directed to experience an emotion or objectively think about the situation » (Oosterwijk *et al.*, 2012, p. 2123). Et le SN est relié à l'expérience de tous les sentiments affectifs de base (*core affective feelings*; Oosterwijk *et al.*, 2012, p. 2123). Enfin, le SN facilite l'accès à la mémoire de travail en activant le CEN (Menon, 2015, p. 604). Ce dernier permet, outre le maintien et la manipulation d'information dans la mémoire de travail (Menon, 2015, p. 604), le contrôle « *top-down* » de l'attention, la représentation de règles, et la planification (Oosterwijk *et al.*, 2012, p. 2123). Il pourrait aussi moduler l'activité dans d'autres réseaux de manière à contribuer à la construction d'instances d'états mentaux, notamment de ceux qui correspondent à la conceptualisation des affects (Oosterwijk *et al.*, 2012, p. 2123), qui constitue, selon le modèle de Feldman Barrett, la base de l'expérience des émotions.

Cependant, les trois phases du modèle de Lewis et Todd et les trois réseaux cérébraux ne se superposent pas aussi bien au point de vue neuro-anatomique qu'au point de vue fonctionnel. On peut penser que le DMN est impliqué progressivement à travers les deux premières phases du modèle de Lewis et Todd; que le SN est impliqué dans la phase 2 (d'auto-amplification) pour les fonctions que nous venons de rappeler, et dans la phase 3 (d'auto-stabilisation) pour passer (*switching*) d'une activation du DMN à une activation du CEN. Mais même en pensant ainsi la dynamique entre les trois réseaux, il reste une différence importante entre les modèles de Feldman Barrett et de Lewis et Todd : certaines régions du DMN (notamment les aires antérieure et médiane du cortex cingulaire) ne sont pas du tout mentionnées parmi les activations de la phase 1 du modèle de Lewis et Todd alors que, dans le modèle de Feldman Barrett, elles jouent un rôle essentiel dans l'émission des prédictions qui sont à la base de l'ensemble de l'activité prédictive. Cette différence pourrait s'expliquer par le fait que, dans le cas d'une obstruction de niveau 1, les signaux d'erreurs entraîneraient seulement des modifications des prédictions de « bas niveau » : entre les noyaux sous-corticaux (notamment du tronc cérébral) et les motoneurons de la moelle spinale. L'activité neurale augmenterait donc surtout en bas de la hiérarchie. Cela ne veut pas dire qu'il n'y a pas d'activité « *top-down* » (prédictive). Mais parce qu'elle est moins importante en volume que l'activité de bas niveau, et parce que le modèle de Lewis et Todd s'inscrit dans une approche réactive des émotions, cette activité aurait été négligée dans ce modèle.

Le détour par le modèle de Feldman Barrett nous a donc permis de compléter l'interprétation du modèle de Lewis et Todd en termes de processus prédictifs, en intégrant les dimensions affective et comportementale dans une même activité prédictive. Nous pouvons maintenant revenir à la question du rôle de la conscience dans le contrôle de l'action motrice (experte). Nous allons voir ce que dit le modèle de Lewis et Todd à ce propos. Et nous compléterons ce point de vue en tirant les

conséquences, pour cette question, de notre interprétation du modèle en termes de processus prédictifs.

3.4. Retour à la question du rôle de la conscience dans le contrôle moteur

Lewis et Todd caractérisent clairement la phénoménologie des aspects affectifs et émotionnels vécus aux différents niveaux d'obstruction. Pour résumer brièvement : au niveau 1 il y a seulement un *sentiment affectif* implicite; au niveau 2 nous avons des *sensations émotionnelles* qui sont, comme les sentiments affectifs, vécues de manière pré-réfléchie, mais sont renforcées (*enhanced*) par rapport à ces derniers; au niveau 3, le vécu émotionnel est l'objet d'une évaluation consciente. Mais Lewis et Todd disent peu de choses à propos de la phénoménologie liée aux aspects moteurs. Ce n'est pas surprenant, étant donné, d'une part, que leur centre d'intérêt est *l'interprétation émotionnelle*, et, d'autre part, que leur modèle est un modèle de l'action en générale plutôt qu'un modèle de l'action spécifiquement motrice. Afin de caractériser ce que peut être le vécu conscient d'un agent qui rencontre des obstructions correspondant à celles du modèle de Lewis et Todd, dans des actions motrices, nous devons donc aller au-delà de ce que Lewis et Todd ont proposé explicitement. Nous pourrions nous appuyer sur le travail d'Erik Rietveld (2008), qui reprend le modèle de Lewis et Todd, mais en s'intéressant davantage aux aspects moteurs.

Commençons avec le niveau 1 d'obstruction. Comment doit-on interpréter, du point de vue que nous adoptons maintenant, l'idée que « les sentiments affectifs maintiennent l'attention sur la tâche à réaliser et dirigent les activités cognitives et perceptuelles vers l'atteinte du résultat désiré » ? S'agit-il d'une attention *consciente*? Lewis et Todd soulignent que, dans la première phase d'auto-organisation qui découle d'une obstruction de niveau 1, il n'y a pas de planification explicite ni de prise de décision, et qu'il est possible de rester engagé dans des tâches parallèles. Par exemple, dans une situation de conduite automobile, on peut « rester engagé dans une conversation

complexe tout en accélérant ou en ralentissant afin de changer de voie ». Cela semble signifier qu'un certain niveau d'attention est dirigé vers la tâche à réaliser, au niveau subpersonnel, mais pas un niveau suffisant pour qu'une expérience consciente, même pré-réfléchie, émerge. Les petites modifications de mouvements sont générées essentiellement par de l'inférence active : l'hypothèse sélectionnée précédemment est maintenue par le fait que le gain des signaux d'erreur est maintenu bas. Ainsi, les signaux d'erreur n'ont pas d'effet en haut de la hiérarchie; ils ont seulement un effet en bas de la hiérarchie : au niveau des motoneurones de la moelle spinale, où de nouveaux mouvements sont générés pour annuler les signaux d'erreur. Il est possible de concevoir aussi que certaines prédictions locales soient modifiées, à l'intérieur d'une hypothèse globalement maintenue. Pour cela, il faut que les signaux d'erreur des hypothèses en question remontent en haut de la hiérarchie. Autrement dit, il faut que l'attention portée aux prédictions locales qui génèrent ces signaux d'erreur augmente. Mais cette attention est d'une durée tellement courte qu'elle peut difficilement entraîner une expérience consciente, ou seulement une expérience très marginale¹⁰⁰. Mis à part ces hypothétiques bribes de conscience marginale de micro-modifications de mouvements, la conscience, au niveau 1 d'obstruction, serait donc limitée à l'expérience pré-réfléchie d'un affect. Cette expérience pourrait correspondre au sentiment de s'éloigner ou de s'approcher d'un « optimum », décrit par Dreyfus (2002, p. 372)¹⁰¹.

Intéressons-nous maintenant à la phénoménologie d'une obstruction de niveau 2. Lewis et Todd (2005, p. 31) affirment qu'à ce niveau l'attention est *focalisée* sur les actions prédites et leurs conséquences, c'est-à-dire sur les hypothèses d'action. Il y aurait donc nécessairement une expérience consciente de ces hypothèses. Mais, comme le souligne

¹⁰⁰ Pour une explication du lien entre la courte durée de l'attention et le caractère marginal de l'expérience consciente, voir plus loin les paragraphes sur le niveau 2 d'obstruction.

¹⁰¹ Mais Dreyfus soutient que ce mode de fonctionnement est typique de la performance experte, ce que ne font ni Lewis et Todd ni Rietveld.

Rietveld (2008, p. 355), à ce niveau, l'intentionnalité est, comme les affects, pré-réfléchie.

Le neuroscientifique Stanislas Dehaene soutient qu'il est possible de repérer, en utilisant différentes techniques d'imagerie cérébrale, quatre signatures de la conscience *explicite* : 1) la propagation des activations neuronales à de nombreuses régions du cerveau, incluant notamment certains réseaux dans les aires pariétale et préfrontale; 2) une oscillation lente appelée P3 (enregistrée par EEG); 3) l'explosion (*burst*) tardive et soudaine d'une oscillation de haute fréquence; et 4) la synchronisation des échanges d'information à travers des régions cérébrales distantes (Dehaene, 2014, p. 115). Il est possible d'identifier ces quatre signatures dans la phase 3 du modèle de Lewis et Todd. Ce n'est pas tout à fait possible dans la phase 2, qui nous intéresse présentement. Toutefois, dans cette phase, certaines signatures (au moins les deux premières) sont partiellement présentes. Il est tentant de voir là une explication de la présence d'une conscience pré-réfléchie : une conscience partielle montrerait des signatures partielles. Formulée ainsi, cette « explication » est peu satisfaisante. Mais l'interprétation en termes de processus prédictifs permet de la préciser.

J'ai proposé précédemment que la propagation des activations neuronales dans la phase 2 du modèle de Lewis et Todd correspond à l'activation du réseau de saillance (*saliency network*, SN). Cette activation crée un contexte, basé sur certains indices repérés dans l'environnement, qui a pour effet d'augmenter la précision (c'est-à-dire le poids des signaux d'erreur) de certaines des hypothèses du DMN, ce qui équivaut à augmenter l'attention sur ces hypothèses. Ceci entraîne deux conséquences importantes : 1) les probabilités postérieures de toutes les hypothèses diminuent temporairement, et 2) les signaux d'erreur engendrés par ces hypothèses sont traités en priorité par l'activité prédictive, qui vise à les résoudre. Cette deuxième conséquence entraîne à son tour une conséquence : la probabilité postérieure de certaines hypothèses va remonter à mesure qu'elles sont améliorées. Ces hypothèses vont donc avoir à la fois une probabilité

postérieure élevée et une précision (attention) élevée. Or, d'après Hohwy (2013, chapitre 9, p. 191-206), cette combinaison constitue la condition optimale pour qu'une hypothèse devienne consciente¹⁰². Ceci expliquerait donc le fait que l'agent fait l'expérience consciente des hypothèses d'action qui sont encore en compétition.

Cependant, la combinaison (probabilité postérieure x précision) des hypothèses d'action ne peut jamais être aussi élevée que peut l'être, par exemple, celle d'une hypothèse extéroceptive (lorsqu'elle donne lieu à une perception consciente explicite); ou, si elle l'est, ce ne peut être que durant un court instant. En effet, tant que persiste la compétition entre plusieurs hypothèses (compétition d'affordances), par définition, la probabilité postérieure de chaque hypothèse ne peut pas être *très* élevée (puisque les probabilités sont partagées entre les hypothèses en compétition). Et lorsqu'une hypothèse remporte la compétition, sa probabilité postérieure est très élevée, mais ceci entraîne immédiatement la diminution de sa précision (nous avons vu que c'est ce mécanisme qui permet l'effectuation de l'action sélectionnée¹⁰³). Le fait que la combinaison (probabilité postérieure x précision) des hypothèses d'action en compétition est *modérément* élevée pourrait expliquer le fait que la conscience est pré-réfléchie (implicite), dans le sens où les effets de l'action prédite sont ressentis (consciemment) par l'agent, mais sans que celui-ci ait explicitement conscience qu'il est en train de ressentir ces effets.

L'explication que nous venons de voir de l'émergence d'une conscience des actions anticipées, au niveau 2 d'obstruction, permet aussi d'expliquer que cette conscience n'est « pas une conscience explicite d'un objet, d'une émotion, de soi, ou d'un but »

¹⁰² Ce qui ne signifie pas que c'est toujours l'inférence qui a la plus haute probabilité et la plus haute précision qui détermine l'état de conscience (voir Hohwy, 2013, p. 203).

¹⁰³ Rappel : la diminution de la (prédiction de) précision de l'hypothèse sélectionnée équivaut à une diminution du poids des signaux d'erreur qu'elle engendre, en haut de la hiérarchie; ce qui a pour conséquence que l'erreur n'est plus résolue par des modifications des prédictions mais par l'effectuation de mouvements (autrement dit, il y a passage d'une inférence perceptive à une inférence active).

(Rietveld, 2008, p. 358), mais plutôt une conscience holistique. En effet, nous avons vu que la conscience pré-réfléchie à ce niveau est directement basée sur l'attention portée aux hypothèses d'action. Nous avons vu aussi que les hypothèses qui sont émises par le DMN sont des hypothèses holistiques, basées sur l'intégration de différentes prédictions extéroceptives, mais aussi de prédictions intéroceptives et proprioceptives. Enfin, nous avons vu que l'attention, dans la théorie des processus prédictifs, n'est pas conçue comme un module spécifique qui viendrait « éclairer » un contenu spécifique, de l'extérieur. Elle est plutôt conçue comme un mécanisme intrinsèque des processus cognitifs (la modulation des poids des signaux d'erreur). Donc, si les hypothèses sont intégratives et holistiques, l'attention que « se donnent » les hypothèses est naturellement « intégrative et holistique » (Lewis et Todd, 2005, p. 31) aussi, et la conscience qui en découle également.

On pourrait aussi rendre compte de l'aspect holistique de cette conscience en parlant de « conscience corporelle », non pas au sens d'une conscience *du* corps mais plutôt d'une conscience *par* le corps, c'est-à-dire d'une conscience pour laquelle le corps n'est pas tant un objet intentionnel qu'un mode d'accès (à l'action dans le monde). Autrement dit, les états de conscience holistiques peuvent être dits « par le corps » dans le sens où la conscience d'une perception visuelle pourrait être dite « par les yeux » : les deux états de conscience sont basés sur des prédictions de signaux sensoriels, la différence est que dans un cas les prédictions qui se donnent de l'attention sont seulement celles dirigées vers les aires visuelles alors que dans l'autre cas les prédictions peuvent être dirigées vers plusieurs régions extéroceptives ainsi que vers les régions intéroceptives et proprioceptives. Mais l'analogie entre *l'expérience par le corps* et *l'expérience par les yeux* (la perception visuelle) a ses limites : dans la perception visuelle, les yeux sont généralement uniquement le moyen par lequel l'expérience existe, ils sont rarement l'objet intentionnel de l'expérience même qu'ils rendent possible. Dans l'expérience par le corps, au contraire, le corps est à la fois le moyen par lequel l'expérience existe, et il constitue aussi en partie l'objet intentionnel

de l'expérience même qu'il supporte. Mais *en partie* seulement, car l'objet intentionnel est aussi constitué par certains aspects de l'environnement. C'est probablement la dynamique des interactions complexes entre ces aspects de l'environnement et le corps qui caractérise le mieux l'objet intentionnel, s'il en est un, dans une expérience corporelle. Ce qui fait que, comme l'ont remarqué plusieurs phénoménologues, dont Shaun Gallagher et Dan Zahavi (par exemple 2014), à propos de la « conscience *de soi* corporelle » (*bodily self awareness*), la conscience *du* corps dans une expérience *par* le corps est « pleinement intégrée avec l'action intentionnelle » que l'on effectue¹⁰⁴. Par exemple¹⁰⁵, pour un nageur en action, une conscience holistique de l'action propulsive de son bras pourrait être dirigée vers le contact entre le bras et la masse sans distinguer le bras, la masse d'eau sur laquelle le bras agit, le mouvement du bras, le mouvement de la masse d'eau etc, comme étant différents objets¹⁰⁶. La qualité de la propulsion pourrait être représentée par les affects.

¹⁰⁴ La conscience corporelle des possibilités d'action qui émerge dans une obstruction de niveau 2 n'est peut-être pas autre chose qu'une variante de la conscience de soi corporelle décrite par Gallagher et Zahavi (2016) : selon ces deux auteurs, « le corps lui-même tend à s'effacer » dans la conscience de soi corporelle. Dans la conscience que nous tentons de saisir ici, le corps est plus présent mais toujours intégré à l'action. Par exemple, Gallagher et Zahavi affirment que, dans la conscience de soi corporelle, nous ne sommes pas conscients de la forme de nos mouvements. Si cela signifie *avoir une représentation de la forme extérieure de nos mouvements, comme s'ils étaient vus d'un point de vue en troisième personne*, alors je crois que nous ne sommes pas non plus conscient de cela dans une obstruction de niveau 2. Cependant, il se pourrait qu'alors nous soyons conscients de la forme de nos mouvements d'une manière différente : que nous soyons conscients des sensations proprioceptives qui correspondent à la forme particulière de nos mouvements, intégrées au rythme de nos mouvements, à leur force, et peut-être à d'autres qualités de nos mouvements et de l'environnement dans lequel nous les effectuons.

¹⁰⁵ On trouve plusieurs exemples de conscience holistique de l'action dans Jackson et Csikszentmihalyi (1999), dont certains sont cités dans le chapitre I de ce mémoire.

¹⁰⁶ La conscience de l'action propulsive pourrait même être dirigée vers la sensation d'accélération communiquée au corps par l'action propulsive, et le contact entre le bras et l'eau pourrait alors être relégué à l'arrière-plan (au troisième plan si la conscience du corps propulsé est déjà en arrière-plan par rapport à un focus attentionnel complètement indépendant, comme nous avons vu que cela pouvait être le cas à ce niveau d'obstruction). La conscience de l'action peut donc être caractérisée, entre autre, selon deux axes orthogonaux, que l'on confond parfois : 1) un axe holistique-analytique (frontière entre le corps et l'extérieur) et 2) un axe global-local (partie du corps vs corps entier).

Dernière remarque à propos de l'aspect holistique de la conscience des modifications de l'action dans une obstruction de niveau 2 : une conscience qui a cette caractéristique peut être qualifiée de « non-analytique » ou « non-réifiante » (voir Legrand et Ravn, 2009), dans le sens où son objet intentionnel (l'action anticipée) n'est pas un objet au sens courant du terme (c'est-à-dire une entité que l'on peut isoler) ou un événement impliquant des objets clairement distincts. En particulier, le corps, comme nous l'avons vu, n'est pas saisi par la conscience comme un objet.

Bien que la conscience des modifications de l'action au niveau 2 d'obstruction soit pré-réfléchie, je crois qu'il serait erroné de prétendre qu'elle est toujours marginale. En effet, nous avons vu que, lorsqu'il y a compétition entre plusieurs affordances, il est nécessaire que les hypothèses en compétition ait des prédictions de précision élevées (c'est-à-dire de l'attention) pour qu'une sélection s'opère. Et lorsque la compétition est serrée, il y a forcément un moment (quelques dizaines de millisecondes) où plusieurs hypothèses ont une probabilité postérieure élevée. Nous avons vu aussi que cette combinaison « précision élevée et probabilité élevée » est équivalente à l'émergence d'une conscience (en l'occurrence pré-réfléchie). Cela signifie que, dans les cas où il y a compétition d'affordance, (les mécanismes de niveau subpersonnel équivalents à) la conscience pré-réfléchie des possibilités d'action joue(nt) un rôle causal nécessaire dans la sélection de l'action. Dans ces cas, la conscience pré-réfléchie des possibilités d'action n'est donc pas marginale, du point de vue causal. Elle ne l'est pas non plus du point de vue phénoménologique : l'attention étant, selon Lewis et Todd (2005, p. 11), *focalisée* sur les possibilités d'action. La discussion avec le passager, par exemple, passe à l'arrière-plan. Lewis et Todd (2005, p. 29) suggèrent que cette attention

consciente pré-réfléchie aux possibilités d'action est vécue comme « des efforts cognitifs délibérés » et un « choix difficile »¹⁰⁷.

Cependant, plus tôt dans le présent chapitre, nous avons mentionné la possibilité qu'une hypothèse de rechange (à l'hypothèse actuelle qui rencontre l'obstruction de niveau 2) remporte *immédiatement* la compétition. Dans ce cas, une seule hypothèse obtient une probabilité postérieure élevée; et durant un temps encore plus bref puisqu'arrive rapidement l'issue de la compétition, qui a pour effet de diminuer la précision de l'hypothèse sélectionnée et de mettre fin à l'état conscient. Durant cette période très brève, la contribution du SN est restreinte et l'hypothèse reste donc telle qu'elle est formulée par le DMN : un résumé dépourvu de détail sensoriel. Par conséquent, il est probable que, dans un cas de ce type, la conscience pré-réfléchie de l'action anticipée soit floue (quelques traits essentiels de l'action et de ses conséquences sont vaguement ressentis)¹⁰⁸. Par suite, on peut penser qu'une conscience pré-réfléchie qui se présente très brièvement et de manière floue a de bonnes chances de rester en arrière-plan par rapport à un focus attentionnel complètement indépendant (par exemple, une discussion avec notre passager lorsque nous conduisons). Autrement dit, dans les cas où une hypothèse est sélectionnée immédiatement (processus de sélection très bref), la conscience pré-réfléchie pourrait être marginale, du point de vue phénoménologique.

Quant au rôle causal de la conscience pré-réfléchie, il paraît discutable dans les cas d'une sélection immédiate. La combinaison « précision et probabilité postérieure

¹⁰⁷ Lewis et Todd (2005, p. 29), soulignent que l'ERN qui est enregistré lors d'une obstruction de niveau 2 (voir plus haut) est aussi enregistrée dans des tâches où les sujets doivent effectuer des choix difficiles.

¹⁰⁸ Au contraire, lorsque les hypothèses demeurent en compétition durant un certain délai créé par l'obstruction de niveau 2, elles sont améliorées jusqu'à ce qu'une d'elles soit sélectionnée : les prédictions dans différentes modalités sensorielles (incluant les modalités proprioceptive et intéroceptive) deviennent de plus en plus détaillées grâce à la contribution du SN. Ainsi, la conscience pré-réfléchie des actions anticipées est plus précise, moins floue (pour la même raison, la conscience pré-réfléchie des affects est aussi renforcée (*enhanced*; Lewis et Todd, 2005, p. 11)).

élevées » de l'hypothèse, et donc l'émergence d'une expérience consciente (pré-réfléchie) de cette hypothèse, sont nécessaires dans ces cas comme dans les cas où la compétition est plus serrée et nécessite un réel processus de sélection. Mais, dans les cas où une hypothèse s'impose immédiatement, le moment de conscience pré-réfléchie n'influence pas vraiment la sélection; il ne fait qu'enregistrer une sélection déterminée d'avance.

Dans une course à un seul participant, il est nécessaire que la course ait lieu pour que le participant soit vainqueur, mais, si on dit alors que la course *détermine* le vainqueur, c'est dans un sens faible. Et arbitrer la course ne nécessite pas une très grande attention de la part des juges. De manière semblable, la conscience pré-réfléchie de l'hypothèse qui remporte immédiatement la compétition d'affordances est quasi marginale d'un point de vue causal¹⁰⁹, et probablement marginale d'un point de vue attentionnel : le moment durant lequel l'attention portée à l'hypothèse est assez élevée pour entraîner (en conjonction avec une probabilité postérieure élevée) l'émergence d'une expérience consciente pré-réfléchie est tellement court qu'une activité cognitive différente peut probablement être maintenue, avec seulement une interruption minimale, à peine perceptible.

À l'opposé de la sélection immédiate d'une hypothèse, il peut aussi arriver que la compétition d'affordances se prolonge sans parvenir à la sélection d'une nouvelle hypothèse : toutes les hypothèses alternatives que l'association entre le réseau du mode par défaut (*default mode network*, DMN) et le réseau de la saillance (*salience network*, SN) a permis d'émettre jusque-là génèrent autant ou plus de signal d'erreur que l'hypothèse actuelle. De nouvelles ressources doivent être recrutées pour générer de

¹⁰⁹ Il se pourrait toutefois que la conscience même pré-réfléchie et marginale joue un rôle causal à plus long terme : elle pourrait correspondre à la propagation de l'information dans des systèmes où elle peut être mémorisée pour éventuellement jouer un rôle causal dans une action future.

nouvelles hypothèses. Comme nous l'avons vu plus haut, le réseau exécutif central (*central executive network*, CEN) va alors entrer en jeu.

L'activation du CEN a pour effet immédiat de générer des hypothèses d'un type nouveau : des hypothèses portant sur des éléments isolés de la situation, par exemple les objets qui composent l'environnement, les parties qui composent notre corps ou les mouvements qui composent nos actions. L'émergence de ces nouvelles hypothèses peut modifier la sélection des hypothèses d'action, car elle constitue une reconfiguration de la distribution de probabilités sur laquelle est basée la sélection des hypothèses d'action. Jusqu'ici, le cerveau sélectionnait les hypothèses d'action sur la base d'un ensemble indifférencié de probabilités préalables. Maintenant, cet ensemble est divisé en sous-ensembles qui ont leur unité propre, ce qui transforme la dynamique globale des probabilités. Nous pouvons risquer une analogie avec le système de vote des États-Unis : à la somme des votes individuels, Hillary Clinton aurait remporté l'élection présidentielle de 2016, mais dans un système électoral où les votes sont comptabilisés par États, c'est Donald Trump qui l'a emporté. La manière de compter les voies, globalement ou par sous-ensemble, peut changer le résultat du vote. De façon comparable, la manière de prendre en compte les probabilités préalables, globalement ou par sous-ensembles, peut changer le résultat des inférences. Pour employer un vocabulaire différent, on peut dire que de nouvelles catégorisations conceptuelles émergent de l'activité auto-organisatrice (prédictive) du cerveau¹¹⁰. Avant l'activation du CEN, le cerveau ne faisait que catégoriser des actions globales, en fonction de concepts d'action holistiques. À partir de l'entrée en jeu du CEN, le cerveau catégorise des éléments qui composent les actions et l'environnement, ce qui peut donner lieu à de nouvelles inférences (autrement dit à une nouvelle sélection d'hypothèses).

¹¹⁰ Voir la note 99 pour l'acception du terme « concept » qui est retenue ici.

Comme précédemment, il se pourrait que, dans certains cas, ce mécanisme de catégorisation se produise tellement rapidement qu'il n'entraîne pas de modification de l'expérience pré-réfléchie qui a émergé au niveau 2 d'obstruction. Mais, dans d'autres cas, les hypothèses portant sur certains éléments de la situation peuvent servir de base à une prise de conscience de ces éléments¹¹¹.

Une telle prise de conscience est caractéristique du niveau 3 d'obstruction dans le modèle de Lewis et Todd. À ce niveau, au moins trois des quatre signatures d'une conscience explicite (voir Dehaene, 2014) sont alors identifiables dans l'activité cérébrale mesurée à l'aide de différentes techniques d'imagerie et d'encéphalographie. En effet, lors d'une obstruction de niveau 3, les activations neuronales se propagent à de nombreuses régions du cerveau, incluant notamment certains réseaux dans les aires pariétale et préfrontale, ce qui constitue une première signature de la conscience explicite. Lewis et Todd (2005, p. 31) relèvent également la présence d'une oscillation appelée Pe. Cette oscillation de basse fréquence (bande theta) qui « atteint son amplitude maximale entre 300 et 500 ms après une réponse erronée » (Rietveld, 2008, p. 352) correspond à un type particulier d'oscillation P3 (deuxième signature de la conscience explicite). Enfin, Lewis et Todd (2005, p. 230) soulignent la synchronisation entre les phases d'activation des régions cérébrales (distantes) impliquées au niveau 3 d'obstruction (ce qui correspond à la quatrième des signatures de la conscience explicite identifiées par Dehaene, 2014, p. 115). Ainsi, le niveau 3 d'obstruction est caractérisé par l'émergence d'une conscience explicite (ou réfléchie).

Nous venons de voir également que, suivant les théories que nous avons considérées, l'activation du CEN pourrait générer des hypothèses séparées à propos des objets et événements qui composent l'environnement, à propos des actions élémentaires voire

¹¹¹ Je laisserai de côté la question de savoir ce qui détermine quels éléments font l'objet d'une expérience consciente en priorité. Notons simplement que les mécanismes de l'attention (prédications de précision), que j'ai déjà décrits, jouent probablement un rôle.

des mouvements qui composent l'action, et à propos des sensations émotionnelles. Si la conscience réfléchie qui émerge au niveau 3 d'obstruction vise ainsi des éléments isolés, il semble possible de dire qu'elle est *analytique*. Par exemple, des objets ou des configurations d'objets pourraient être perçus indépendamment du reste de l'environnement, et surtout indépendamment de l'action. La conscience pourrait aussi viser le corps ou une partie du corps de manière semblable : certaines prédictions proprioceptives pourraient être associées avec une représentation imagée de la forme d'un mouvement (tel qu'il pourrait être vu de l'extérieur), et entraîner une représentation consciente portant en particulier sur un des mouvements que l'on est en train d'effectuer. Dans ce cas, on pourrait dire que le corps, ou une partie du corps, est réifié(e) : le corps en mouvement serait visé par la conscience comme un objet du monde, indépendamment de l'environnement; une partie du corps en mouvement pourrait même être visée indépendamment du reste du corps et de ses mouvements. Enfin, si mes conjectures et les théories sur lesquelles elles s'appuient s'avéraient, l'activation du CEN pourrait également permettre la prise de conscience explicite d'une émotion, basée sur une interprétation des sensations affectives, ainsi que la prise de conscience d'une intention (Lewis et Todd, 2005, p. 33 : « an explicit emotional consciousness catalyzes awareness of intentions themselves »).

Nous venons de voir que le modèle de Lewis et Todd montre qu'une obstruction de niveau 3 entraîne l'émergence d'actes cognitifs conscients réfléchis. Nous avons vu également que les actes cognitifs conscients réfléchis que ce modèle met en évidence sont de type analytique. Cependant, d'autres auteurs ont montré que la conscience réfléchie peut aussi être holistique (c'est-à-dire non-analytique), surtout lorsqu'elle vise des événements corporels (comme, par exemple, l'action motrice). Ainsi, Dorothee Legrand et Susanne Ravn (2009) décrivent une forme d'accès réfléchi à la subjectivité, au niveau corporel, dans l'expérience de danseuses et danseurs experts. Selon ces auteures, dans cette forme d'expérience, la physicalité du corps est vécue

d'une manière qui « respecte le fait que le corps n'est pas une simple chose¹¹² », qu'il est « le porteur de l'expérience subjective » (p. 390). Le respect de la subjectivité du corps tient dans le fait que cette forme de conscience réfléchie est essentiellement multimodale : elle est « un entrelacement de proprioception, intéroception et extéroception » (p. 400). Nous retrouvons ici le caractère holistique, multi-sensoriel, qui appartient également à la conscience pré-réfléchie caractéristique du niveau 2 d'obstruction, et qui fait que le corps est vécu non pas comme un objet isolé mais comme un corps situé dans, et en prise sur, l'environnement :

Through its multi-sensoriality, the body is embedded in a physical environment, and is experienced as such in at least two ways: on the one hand, the body's inner states are 'externalized', and can thus be experienced through exteroception; on the other hand, stimuli in the environment are 'incorporated' in the sense that they are experienced within the body (Legrand et Ravn, 2009, p. 399).

Comme je l'ai souligné à propos de la conscience pré-réfléchie, pour une conscience holistique, les frontières entre le corps et l'environnement sont floues. Ce type d'expérience peut être illustré, par exemple, par la manière avec laquelle une danseuse de ballet peut prendre conscience de la relation entre son corps dansant et la musique :

Hearing encompasses proprioception and the ballet dancers hear through their moving bodies more than through their ears... The hearing subject is thus experienced as bodily through the perception of sensations that music elicits (Legrand et Ravn, 2009, p. 401).

La différence entre la conscience réfléchie analytique et la conscience réfléchie holistique pourrait s'expliquer par le fait que l'activation du SN, qui a pour conséquence de rendre saillantes des prédictions dans certaines modalités sensorielles,

¹¹² Parce que la forme de conscience dont je parle ici ne fait pas du corps une simple chose, Legrand et Ravn (2009, p. 390) lui attribuent aussi l'adjectif « non-réifiante ».

demeure élevée dans le cas de la conscience réfléchie analytique, alors que cette activation diminuerait dans le cas de la conscience réfléchie holistique.

Revenons à la catégorisation d'une situation, ou d'un élément de la situation. Lorsque cette catégorisation conceptuelle se produit, des associations se font immédiatement dans toutes les modalités sensorielles. Ainsi, par exemple, lorsqu'un mouvement est catégorisé, le concept de mouvement recruté pour la catégorisation (par exemple : sauter par-dessus un tronc d'arbre durant une course cross-country) peut activer l'évocation d'un mouvement particulier effectué dans un moment passé particulier (par exemple : le saut que j'ai effectué dans le sentier des Appalaches, un samedi matin de juin) puis possiblement d'autres mouvements effectués dans cette situation passée (par exemple : l'« atterrissage » que j'ai effectué ce jour). Le concept de mouvement recruté pour la catégorisation peut aussi être associé à un mot, puis possiblement à une règle qui a été apprise, etc. Dans les cas où la catégorisation suffit à sélectionner une hypothèse d'action permettant de dépasser l'obstruction, les processus associatifs dont je viens de parler sont avortés et le moment de conscience réfléchie peut être très bref (voire inexistant, comme nous l'avons vu plus haut). Mais si, au contraire, aucune hypothèse d'action n'est satisfaisante, les processus associatifs vont naturellement poursuivre leur développement. L'agent fait alors l'expérience d'une réflexion¹¹³ consciente. Lorsque la prise de conscience est de type analytique, la réflexion peut prendre la forme d'un calcul basé sur des règles, comme dans l'exemple que nous avons vu plus haut dans ce paragraphe. Lorsque la prise de conscience est de type holistique, la réflexion peut prendre la forme d'une évocation consciente d'une situation passée

¹¹³ « Réflexion » réfère ici à un acte cognitif plus élaboré que la simple prise de conscience réflexive. Je conçois la prise de conscience réflexive comme la base à partir de laquelle une réflexion peut s'élaborer. On trouvera une version de cette conception élaborée à partir de la phénoménologie de Husserl et de la psychologie de Piaget, dans la distinction entre *réfléchissement* et *réflexion* proposée par Pierre Vermersch (2012).

semblable à la situation présente. Ce ne sont là que deux exemples. Il se pourrait que des actes cognitifs de types différents émergent.

Je n'établirai pas ici une liste exhaustive des différents actes cognitifs qui peuvent émerger lors d'une obstruction de niveau 3. Mais je crois que le type de relations que ces actes cognitifs entretiennent avec le DMN peut avoir des conséquences importantes pour le succès de l'action entreprise.

Je pense que le DMN, et en particulier les régions responsables des prédictions proprioceptives, sont généralement largement impliqués dans les processus cognitifs d'où émerge initialement la conscience réfléchie. Par exemple, lorsque nous prenons conscience des mouvements que nous sommes en train (ou que nous venons tout juste) d'effectuer, les associations entre les prédictions (proprioceptives) du DMN et des traces de mouvements passés¹¹⁴, rendues possibles par le CEN et en particulier l'hippocampe, servent uniquement à représenter les mouvements présents. L'agent a alors conscience des mouvements passés particuliers, ou des concepts de certains mouvements, non pas en tant que mouvements passés, ou concepts de mouvements, mais en tant que représentations des mouvements actuels. La conscience vise l'action actuelle.

Mais, dans ce que nous pourrions appeler le *deuxième moment de la conscience réfléchie*, c'est-à-dire lorsque des actes cognitifs complexes (comme, par exemple, la réflexion) font suite à la prise de conscience initiale de la situation actuelle, les contenus cognitifs (conscients) peuvent être plus ou moins détachés de l'action actuelle. Le contenu que je qualifie de « fortement détaché de l'action actuelle » peut être grossièrement défini, au niveau subpersonnel, comme du contenu qui est *faiblement*

¹¹⁴ L'expression « traces de mouvements passés » peut référer à des images de mouvements ou à des sensations proprioceptives; et dans les deux cas, les traces peuvent correspondre à des mouvements passés particuliers ou à un concept de mouvement.

contraint par les hypothèses (notamment proprioceptives) du DMN. Inversement, le contenu faiblement détaché de l'action en cours est *fortement* contraint par les hypothèses (proprioceptives) du DMN. Le calcul basé sur des règles, l'évocation de mouvements passés pour eux-mêmes, l'imagination de mouvements (via l'actualisation de concepts de mouvements), sont autant d'actes cognitifs dont le contenu n'est pas l'action en cours. Le contenu de ces actes est donc détaché de l'action actuelle, mais il peut l'être avec différents degrés. Au degré de détachement maximum pourraient correspondre des actes de l'ordre du phantasme; au degré minimum correspondraient des actes tels qu'une simulation ressentie jusque dans le corps. Les phantasmes naissent probablement d'une succession d'associations entre des contenus de plus en plus détachés de l'action actuelle et des hypothèses du DMN. Alors que les simulations les plus fortement incarnées, celles que l'on a parfois le sentiment de devoir inhiber volontairement (et ce sentiment n'est pas sans fondement), sont probablement constituées au premier plan par les hypothèses du DMN, et les contenus cognitifs plus détachés (supportés par le CEN) servent probablement à alimenter ces hypothèses¹¹⁵.

Pour conclure ce troisième et dernier chapitre, soulignons qu'il nous a permis de comprendre comment les mécanismes de niveau subpersonnel responsables du contrôle de l'action motrice, que j'avais présentés au chapitre II, fonctionnent dans différents types de situations caractérisées par le niveau d'obstruction à la progression vers un but. Dans ce chapitre, nous avons également vu que différents types d'expériences conscientes peuvent émerger et que ces expériences de niveau personnel entretiennent des relations dynamiques avec les processus de niveau subpersonnel qui les supportent, et avec d'autres processus de niveau subpersonnel qui se déroulent en parallèle. En

¹¹⁵ Ici, nous discutons d'actes cognitifs qui se produisent lors d'une obstruction de l'action, donc durant l'action. Mais des actes cognitifs réfléchis peuvent parfois être effectués en prévision d'une action à venir. Dans ce cas, le contenu de l'acte cognitif est, par définition, détaché de l'action actuelle. Il pourrait être pertinent de parler alors de degrés de détachement par rapport aux possibilités d'action réelles de l'agent. Ce type de détachement est aussi une composante importante du détachement par rapport à l'action actuelle, dans le cas des actes cognitifs qui ont lieu durant l'action.

particulier, nous avons vu que la conscience, dans l'action, n'est pas nécessairement une réflexion détachée de l'action et du corps mais qu'elle peut prendre la forme d'une conscience holistique, réfléchie ou pré-réfléchie, ou encore d'une réflexion certes relativement détachée de l'action mais néanmoins fortement contrainte par l'action actuelle ou les possibilités réelles d'action.

Il pourrait être intéressant d'établir des gradations de degré de détachement, autant au niveau subpersonnel (qualité et quantité des contraintes entre le DMN et le CEN) que sur le plan phénoménologique, où il existe probablement des différences qualitatives entre les expériences vécues, en fonction du degré de détachement par rapport à l'action réelle (actuelle ou réellement possible dans l'avenir). À ma connaissance, il n'existe pas de travaux portant sur de telles nuances phénoménologiques¹¹⁶. Les repérer (si elles existent) exigerait probablement des descriptions phénoménologiques de grain fin. La méthode de l'*entretien d'explicitation* (voir Vermersch, 2011, 2012), aussi appelé *entretien micro-phénoménologique* (voir Petitmengin *et al.*, 2017), pourrait peut-être constituer un outil approprié pour étudier ces aspects de la phénoménologie de l'action motrice. L'idéal pourrait être d'effectuer conjointement des discriminations sur les plans neurophysiologique et (micro)phénoménologique, c'est-à-dire de pouvoir relier les deux types de données, pour une expérience donnée. Ce programme de recherche est celui de la neurophénoménologie (voir Varela, 1996; Thompson 2007). En l'absence de données de ce type, il est impossible de déterminer s'il existe une corrélation entre degré de détachement des actes cognitifs et niveau de succès de l'action. Cependant, les exemples extrêmes que nous avons considérés dans les derniers paragraphes de ce chapitre (phantasme vs simulation incarnée) suggèrent l'hypothèse qu'à partir d'un certain degré de détachement, la probabilité qu'un acte cognitif nuise à la progression de l'action vers son but augmente proportionnellement au degré de

¹¹⁶ Cependant, il se pourrait que les notions d'« évidence » chez Husserl (1970, p. 21) ou de « réflexion pure » chez Sartre (1943, p. 190) puissent contribuer à caractériser la phénoménologie des actes cognitifs faiblement détachés de l'action.

détachement. Le travail de réinterprétation de nombreuses études sur le phénomène de « *choking under pressure* »¹¹⁷ effectué par Christensen, Sutton et McIlwain consolide également cette hypothèse. Prenons le temps de nous intéresser à leurs thèses principales avant d'arriver à la conclusion du mémoire.

Christensen et ses collègues (2015) classent les théories qui cherchent à expliquer le phénomène du *choking* en deux grandes catégories : les « théories de la distraction » et les « théories de la focalisation sur soi »¹¹⁸. Les thèses respectives de ces deux approches sont diamétralement opposées : selon les théories de la distraction, le *choking* résulte d'une distraction de l'esprit : l'attention consciente *se détournerait de* certains aspects de la performance qui devraient supposément être l'objet de l'attention consciente pour que la performance soit optimale¹¹⁹. À l'opposé, selon les théories de la focalisation sur soi, le *choking* se produit lorsque l'attention consciente *se focalise sur* certains aspects de la performance qui devraient supposément être contrôlés de manière automatique (non consciente)¹²⁰. Christensen et ses collègues soutiennent que la performance experte *peut* être affectée négativement (parfois de manière radicale, comme dans les cas de *choking*) par certains actes cognitifs ayant pour contenu l'action en cours, contrairement à ce que soutiennent les « théories de la distraction ». Mais ils

¹¹⁷ L'expression « *choking under pressure* » désigne le phénomène qui se produit lorsqu'un expert performe très en dessous de son niveau habituel, dans une situation où la pression est particulièrement forte. Remarquons que cette réalité pourrait recouvrir différents types de phénomènes. Par ailleurs, en l'absence de consensus sur la traduction en français du terme « *choking* » dans la littérature, j'ai choisi de conserver le terme anglais (« effondrement » pourrait peut-être convenir).

¹¹⁸ Cette catégorisation fait largement consensus dans le domaine, à quelques nuances terminologiques près.

¹¹⁹ Les aspects de la performance qui devraient supposément faire l'objet de l'attention ainsi que les mécanismes de la distraction peuvent varier entre les différentes théories qui appartiennent à la catégorie des théories de la distraction.

¹²⁰ Comme précédemment, les aspects de la performance qui devraient supposément ne pas faire l'objet de l'attention ainsi que les mécanismes de la focalisation peuvent varier entre les différentes théories qui appartiennent à la catégorie des théories de la focalisation sur soi.

soutiennent également, contre les « théories de la focalisation sur soi » (*self-focus theory*) que la performance experte n'est *pas nécessairement* affectée négativement par les actes cognitifs ayant pour contenu l'action en cours. Tout dépend du type d'acte cognitif. Christensen *et al.* (2015) mettent en évidence de nombreux problèmes épistémologiques dans les théories appartenant aux deux approches et concluent qu'aucune de ces approches n'est appropriée pour expliquer adéquatement et entièrement les phénomènes de *choking*. Le groupe de chercheurs australiens soutient que le problème fondamental de chacune des deux approches est causé par la même présupposition : les théoriciens des deux approches conçoivent le contrôle moteur suivant la dichotomie que j'ai critiquée et cherché à dépasser tout au long de ce mémoire (selon laquelle un aspect d'une action ne peut être contrôlé que de deux manières radicalement opposées : soit de manière entièrement automatique, soit de manière entièrement explicite).

Alternativement, Christensen et ses collègues ébauchent, dans l'article de 2015 dont j'ai parlé dans le paragraphe précédent, une conception plus nuancée du contrôle moteur. Ils proposent un modèle plus développé dans un article ultérieur (Christensen *et al.*, 2016). Dans ce modèle, qu'ils appellent « *Mesh control* », les processus conscients et les processus automatiques contribuent ensemble au contrôle de l'action. Certes, les habiletés expertes comportent une part accrues de processus automatisés, mais Christensen *et al.* affirment que cela n'a pas pour conséquence d'éliminer le contrôle cognitif. Au contraire, selon eux, ce dernier est plutôt augmenté. Mais il serait aussi partiellement déplacé, des aspects de bas niveau de l'action (l'implémentation des détails) vers ses aspects de plus haut niveau (la sélection des types d'actions : « *action set* »). Les chercheurs de l'Université Macquarie spécifient même que le contrôle cognitif *conscient* ne diminue pas puisque la sélection des actions nécessite généralement une conscience de la situation (*situation awareness*). Christensen et ses collègues notent toutefois qu'une part importante de l'intégration d'information qui contribue à la conscience de la situation est basée sur des inférences qui ne sont pas

nécessairement explicites¹²¹. Par ailleurs, l'*implémentation* des actions ne se fait pas entièrement sans contrôle cognitif dans le modèle *Mesh control* : une manière particulière, adaptée aux circonstances, d'effectuer les actions serait souvent spécifiée par ce que Christensen et al. appellent « un sommaire cognitif de l'action » (*a cognitive action gist*). Les concepteurs du modèle *Mesh* spécifient que ce sommaire d'action implique une conscience de certaines informations à propos des états corporels et des mouvements. Ils soutiennent également que ce type de contrôle cognitif propre à l'expert a une efficacité accrue, notamment parce qu'il reposerait largement sur une structure non-linguistique¹²².

Suivant le modèle *Mesh control*, un certain type de contrôle cognitif contribue à la performance experte. Il se pourrait donc qu'une distraction soit la cause de certains cas de *choking*, si elle signifie que l'attention se détourne de certaines informations requises par le contrôle cognitif impliqué dans la performance. D'un autre côté, le modèle *Mesh control* permet aussi de concevoir que certains actes cognitifs pourraient être la cause du *choking*, dans certains cas. Mais, si l'on s'appuie sur ce modèle, on ne peut pas expliquer le *choking* simplement par la présence d'un contrôle cognitif (en général) ni même par la focalisation de l'attention sur l'action, puisque ces deux éléments contribuent à la performance experte, selon le modèle. Cependant, le modèle de Christensen *et al.* permet de penser qu'un type particulier d'acte cognitif pourrait systématiquement nuire à la performance experte : les actes cognitifs qui ne seraient

¹²¹ Cet élément du modèle *Mesh control* est ce qui fait que les processus conscients et automatiques sont plus intégrés dans ce modèle que dans des modèles dits « hybrides » dans lesquels il y a alternance ou coexistence indépendante de processus conscients et de processus automatiques (par exemple les modèles basés sur la théorie des processus duaux –voir Evans et Frankish, 2009). Cet élément est aussi un point de convergence entre le modèle *Mesh control* et celui que j'ai développé dans ce mémoire (ou, de manière plus générale, avec la théorie des processus prédictifs).

¹²² Cet élément du modèle *Mesh control* constitue un autre point de convergence avec le modèle que j'ai développé dans ce mémoire (ou, plus généralement, avec les théories du contrôle moteur qui font intervenir une conscience corporelle, notamment proprioceptive, pré-réfléchie).

pas intégrés avec les processus automatiques de contrôle de l'action, c'est-à-dire les actes que j'ai désignés comme *fortement détachés de l'action*.

La discussion à propos du *choking under pressure* nous a ramené des dynamiques du contrôle de l'action en général aux questions plus spécifiques de la nature de la performance experte et du rôle de la conscience dans cette performance. Dans la conclusion du mémoire qui suit immédiatement ce paragraphe, nous allons voir comment la compréhension des dynamiques du contrôle de l'action que nous avons acquise à travers ce mémoire permet de répondre en partie à ces questions. La présentation que je viens de faire du modèle *Mesh control* peut donner une idée générale de certaines des conclusions que je vais formuler, puisque ce modèle est largement compatible avec celui que j'ai développé dans le mémoire. Je dirais même que le modèle que j'ai développé constitue une manière de concevoir l'implémentation du modèle *Mesh control* au niveau subpersonnel.

CONCLUSION

À travers ce mémoire, nous avons acquis une connaissance approfondie des dynamiques de processus de niveaux subpersonnel et personnel qui peuvent entrer en jeu dans l'action motrice. Nous pouvons maintenant utiliser cette connaissance pour porter un regard nouveau sur la question du rôle de la conscience dans la performance motrice *experte*. Doit-on penser, comme Hubert (et Stuart) Dreyfus, que le rôle de la conscience dans la performance motrice experte est marginal, comme il l'est lorsque nous effectuons nos habitudes quotidiennes sans rencontrer d'obstruction importante? Commençons par faire le point sur ce que nous avons appris à propos des mécanismes qui supportent la réalisation presque inconsciente de nos habitudes du quotidien.

Nous avons vu que notre cerveau a la capacité de prédire en permanence les actions possibles, dans l'environnement présent et en fonction de l'état présent de notre organisme. Dans nos actions quotidiennes, nos environnements sont généralement dessinés de façon à faciliter à la fois la perception des actions possibles (la perception des affordances) et l'exécution de ces actions. Par ailleurs, le niveau de nos habiletés est généralement supérieur au niveau requis par nos tâches quotidiennes : les modèles dont dispose notre cerveau pour émettre des hypothèses d'action sont assez entraînés pour pouvoir parer à toutes les variations qui peuvent constituer le contexte d'action présent. C'est ce qui explique que nous pouvons effectuer la plupart de nos habitudes quotidiennes de manière largement automatique, c'est-à-dire avec très peu de contrôle cognitif conscient. Il est souvent possible de ne porter aucune attention au détail de nos actions quotidiennes. Le corps, en particulier, peut s'effacer. Parfois, même le résultat anticipé de nos actions est relégué à la marge de la conscience. Ce fonctionnement maximallement automatique n'est pas nécessairement stéréotypé puisqu'il n'est pas

basé sur des réponses prédéterminées, comme on l'a longtemps pensé, mais sur une multitude de prédictions hautement sensibles au contexte, bien que cette sensibilité ne donne pas toujours lieu à une expérience consciente. Cette sensibilité au contexte permet au fonctionnement automatique de s'ajuster de manière à surpasser des obstructions mineures rencontrées dans le déroulement de l'action, sans l'intervention d'un contrôle cognitif conscient. Et, même durant ces ajustements, l'attention consciente de l'agent peut être focalisée sur des contenus sans rapport avec l'action présente.

L'existence de ce mode d'activité automatique pose deux questions par rapport à la performance experte. 1) Est-ce que certains moments d'une performance experte peuvent se dérouler sur ce mode d'activité? 2) Est-ce que certaines performances expertes peuvent se dérouler entièrement sur ce mode d'activité? Ces deux questions sont des questions empiriques auxquelles nous ne pourrions répondre de manière absolue dans ce mémoire.

Cependant, en supposant qu'il soit possible que certains moments d'une performance experte se déroulent de manière maximale automatique, il nous apparaît maintenant très improbable que, dans un tel moment, un expert profite du fait que l'action actuelle nécessite peu d'attention pour penser à un objet complètement indépendant de son action, comme nous pouvons le faire dans nos habitudes quotidiennes (discuter avec un passager ou penser au souper que nous allons cuisiner pendant que nous conduisons, par exemple). Il est beaucoup plus probable que l'expert profite alors des ressources attentionnelles disponibles pour diriger sa conscience, de manière anticipatrice, vers les moments plus difficiles à venir (voir Bergamin, 2016, pour une argumentation détaillée dans ce sens).

Concernant la question de savoir si certaines performances expertes peuvent se dérouler entièrement de manière maximale automatique, notons que le fait que

l'expert vise des buts difficiles relativement à ses habiletés laisse penser qu'il est très probable que tout expert, quelle que soit son activité, rencontre, au moins à certains moments de sa performance, des obstructions nécessitant des ajustements plus importants que ceux permis par un fonctionnement automatique. La possibilité qu'une performance experte puisse être réalisée entièrement sur un mode maximalelement automatique semble donc très improbable.

Cependant, un contrôle moteur qui n'est pas entièrement automatique n'est pas nécessairement un contrôle conscient réfléchi. En effet, nous avons vu que ces deux types de fonctionnement ne constituent pas les deux seuls types de contrôle moteur possibles. Ce sont plutôt les deux extrêmes d'un continuum. Et entre ces deux extrêmes existent d'autres formes de contrôle moteur, qui impliquent différents degrés de conscience pré-réfléchie¹²³. Par exemple, il peut arriver qu'un agent fasse l'expérience *pré-réfléchie* de plusieurs possibilités d'action et du choix d'une action. Dans une expérience de ce type, les possibilités d'action sont ressenties corporellement, en particulier (mais pas exclusivement) de manière proprioceptive. Comme nous l'avons vu, la théorie des processus prédictifs place les prédictions proprioceptives au centre des mécanismes qui assurent le contrôle moteur. Il n'est donc pas surprenant que, lorsqu'une expérience consciente émerge dans l'action, elle soit basée en grande partie sur l'information proprioceptive (les prédictions proprioceptives et les signaux d'erreurs associés à ces prédictions).

¹²³ Permettez-moi de réitérer une mise en garde déjà formulée au début du chapitre II : par soucis de simplification, je présente parfois le continuum désigné ici sous la forme d'une trichotomie. Cette simplification comporte deux dangers. Le premier serait d'oublier que la catégorie « fonctionnement pré-réfléchi » ne réfère pas à un fonctionnement bien précis mais regroupe plutôt un ensemble de fonctionnements qui admettent des degrés variés de conscience pré-réfléchie. Le deuxième danger serait de penser que « automatique », « pré-réfléchi » et « réfléchi » réfèrent à des fonctionnements clairement délimités. En réalité, comme nous l'avons vu, à un instant donné, la dynamique du contrôle moteur peut comprendre des processus qui correspondent à des types de fonctionnement différents. Lorsque je dis qu'un agent a un fonctionnement d'un certain type à un instant donné, je désigne en fait la tendance dominante de la dynamique à cet instant.

Selon un des critères de la définition que nous avons adoptée, un expert est une personne qui s'est engagée, avec la volonté de s'améliorer, dans de très nombreuses situations d'action et qui les a analysées par la suite (mais pas nécessairement pendant l'action). Une des conséquences de ces années de pratique délibérée est que les processus de niveau subpersonnel présents chez un expert peuvent discriminer les situations de manière fine et émettre des hypothèses d'action subtilement nuancées. De plus, l'expert est à la poursuite d'une performance optimale, donc pour lui chaque nuance dans les possibilités d'action est importante. Il est donc probable que l'expert rencontre des situations dans lesquelles la sélection des actions ne peut se faire de manière entièrement automatique mais entraîne plutôt l'expérience pré-réfléchie d'un choix.

La question de savoir dans quelle mesure (quelles activités, quelles situations, quelles personnes...) ce fonctionnement pré-réfléchi est suffisant pour choisir la meilleure possibilité d'action est aussi une question empirique à laquelle nous ne pouvons pas répondre ici. Cependant, notre réflexion apporte tout de même certains éclairages par rapport à cette question : nous avons maintenant de bonnes raisons de penser que certains rapports en première personne à propos de performances expertes faisant état d'une supposée absence de conscience pourraient être erronés (parce qu'effectués de manière un peu hâtive, c'est-à-dire sans recours à une méthode de recherche réflexive appropriée). De tels cas pourraient, en réalité, correspondre à une expérience consciente pré-réfléchie. Par ailleurs, notre travail de caractérisation à la fois des mécanismes subpersonnels et de la phénoménologie de l'action pré-réfléchie, mais aussi des relations dynamiques entre ces deux niveaux de processus, pourrait être très utile pour mener les recherches empiriques visant à déterminer précisément dans quelle mesure la performance experte peut reposer sur un mode d'action pré-réfléchi.

L'autre question qui a soutenu notre réflexion à travers l'ensemble de ce mémoire est celle du rôle de la conscience *réfléchie* dans la performance experte. Au terme de cette

réflexion, il semble très probable que certaines performances expertes fassent intervenir un fonctionnement dans lequel une expérience consciente réfléchie joue un rôle important. En effet, nous avons vu que la progression de l'action vers son but nécessite parfois des actes cognitifs plus élaborés, qui donnent lieu à une expérience consciente réfléchie. Et, étant donné que l'expert vise des buts difficiles par rapport à ses habiletés, il ne serait pas étonnant que la performance experte exige parfois un contrôle cognitif élaboré (au moins dans certaines activités, si ce n'est dans toutes), ce que plusieurs études en première personne semblent confirmer (voir, par exemple, Montero, 2016). Ceci étant dit, nous avons vu que le contrôle cognitif qui donne lieu à une expérience consciente réfléchie peut être fortement ancré dans l'action et les possibilités d'action réelles (nous pourrions aussi dire « fortement incarné »), c'est-à-dire qu'il peut être fortement contraint par les hypothèses d'action qui sont directement responsables de l'effectuation de l'action. Le mode de fonctionnement moteur qui fait intervenir des actes cognitifs conscients réfléchis n'est donc pas nécessairement en rupture avec les modes de fonctionnement non conscient et conscient pré-réfléchi.

L'existence de ce type de cognition (à la fois réfléchie et fortement incarnée) semble être une bonne raison de mettre en doute l'hypothèse selon laquelle la conscience réfléchie de l'action nuirait nécessairement à la performance experte¹²⁴. En effet, le principal argument en faveur de cette hypothèse, que l'on peut attribuer aux frères Dreyfus, peut être résumé ainsi : l'action experte est fondamentalement holistique, dans le sens où elle n'est pas déterminée par une somme d'éléments isolables mais émerge plutôt d'un arrière-plan corporel et pratique qui ne peut pas être exprimé à travers un ensemble de faits et de règles (voir Wrathall et Malpas, 2000, p. 95)¹²⁵. Pour cette raison, poursuit l'argument, aucun système symbolique ne peut rendre compte du

¹²⁴ Dans le chapitre I, j'ai assimilé cette hypothèse à la position d'Hubert Dreyfus sur la question de la relation entre conscience et performance experte.

¹²⁵ Je crois, mais sans en avoir la certitude, que pour les Dreyfus (suivant en cela Heidegger) cette affirmation définit l'action *authentique*, dont l'action experte ne serait qu'un cas particulier.

fonctionnement sous-jacent à l'action experte. Et, par suite, un acte cognitif susceptible d'être représenté par un système symbolique ne peut pas être à la base de l'action experte. Je crois que cet argument constitue un bon argument contre l'idée que la conscience réfléchie désincarnée (c'est-à-dire les actes cognitifs conscients fortement détachés des hypothèses qui sont directement responsables de l'action) pourrait jouer un rôle central dans une performance motrice experte. Mais, l'argument ne permet pas d'exclure qu'une conscience réfléchie incarnée puisse jouer un rôle important dans une performance motrice experte. En effet, s'il existe quelque-chose comme une prise de conscience de l'action qui soit basée sur les hypothèses directement responsables de l'action (notamment les hypothèses proprioceptives), alors le contenu de cette expérience n'est pas représentable symboliquement.

De plus, dans le cadre de la théorie des processus prédictifs que nous avons adoptée dans ce mémoire, l'argument des Dreyfus ne permet même pas d'exclure que des actes cognitifs conscients, même fortement détachés des hypothèses qui sont directement responsables de l'action, puissent jouer un rôle complémentaire dans le fonctionnement moteur expert. En effet, dans la théorie des processus prédictifs, le contrôle moteur qui fait appel à la pensée abstraite et le contrôle moteur automatique ne sont pas implémentés par deux modules complètement séparés dans le cerveau. Dans cette théorie, les idées abstraites n'ont pas d'accès direct à l'appareil moteur. Et lorsqu'une idée abstraite influence la motricité, c'est en empruntant les mêmes voies que celles du fonctionnement automatique; c'est en contraignant les processus prédictifs qui fonctionnent de manière autonome dans le fonctionnement automatique. Ainsi, la théorie des processus prédictifs dépasse complètement la « dichotomie du corps et de la conscience » dont nous avons discuté au chapitre I, puisque les mêmes réseaux cérébraux et les mêmes types de processus (prédictifs) sont à la base à la fois du fonctionnement moteur que les tenants de la dichotomie attribuaient au corps et de celui qu'ils attribuaient à la conscience. Imaginons une délibération abstraite, comprenant plusieurs actes cognitifs détachés de l'action, et aboutissant à une idée abstraite. Il est

tout à fait concevable que cette idée puisse contraindre les hypothèses directement responsables de l'action (les hypothèses du DMN) d'une manière qui favorise la réalisation de la performance experte.

Ceci étant dit, il se pourrait que la contrainte exercée sur les hypothèses d'action par l'idée abstraite favorise davantage la performance lorsque cette idée tient compte du contexte de l'action, c'est-à-dire lorsque les hypothèses d'action ont d'abord exercé une contrainte sur les processus qui ont conduit à l'émergence de l'idée abstraite. C'est pourquoi j'ai fait l'hypothèse que des actes cognitifs faiblement détachés de l'action ont plus de chance de favoriser la performance que des actes cognitifs plus détachés. Il pourrait être préférable également que les représentations qui entrent dans l'élaboration de l'idée soient des représentations ancrées dans des expériences d'action passées, plutôt que des représentations purement abstraites (reçues par enseignement théorique, par exemple).

J'ai décrit de nombreux types de contrôle moteur qui impliquent différentes formes de conscience et qui ne semblent pas a priori incompatibles avec la réalisation d'une performance experte. La conclusion la plus conservatrice que nous puissions formuler est donc qu'aucune formule courte, comme par exemple « la conscience ne joue qu'un rôle marginal dans la performance experte » (que l'on peut attribuer à Dreyfus) ou son opposée : « l'expert contrôle consciemment chacun de ses mouvements », ne permet de caractériser *tous* les processus qui se produisent dans *tous* les moments, de *toute* performance, pour *tout* expert, dans *toutes* les activités. L'activité de l'expert, sauf peut-être dans certains moments exceptionnels, ne peut pas être caractérisée par un seul type de fonctionnement. Elle est plutôt une interaction dynamique entre des processus qui correspondent à ce que j'ai décrit comme différents types de fonctionnement.

Ceci étant dit, il nous a tout de même été possible d'énoncer, au moins à titre d'hypothèses, des caractéristiques générales de la performance motrice experte. Je vais

maintenant les résumer et je vais esquisser quelques réflexions à propos de ce que pourraient suggérer ces caractéristiques pour le développement de l'expertise motrice. Nous avons vu que les mécanismes qui prédisent les sensations, notamment proprioceptives, correspondant à un résultat donné (visé), sont essentiels dans le contrôle moteur, y compris dans la performance motrice experte. La pédagogie employée dans le but de former des experts doit donc permettre à ces processus prédictifs de s'auto-organiser. Elle devrait poser certaines contraintes à cette auto-organisation mais pas prescrire ses trajectoires. Les tâches devraient être définies par des résultats à produire plutôt que par des moyens à reproduire¹²⁶. Davids *et al.* (2006) définissent les principes d'une telle pédagogie, qu'ils appellent « pédagogie non linéaire ». La « pédagogie de l'action » proposée par Raymond Catteau (2008) constitue une application concrète de ces principes, en natation.

J'ai soutenu que, dans la performance experte, les mécanismes subpersonnels conduisent la plupart du temps à l'émergence d'une expérience pré-réfléchie et que cette expérience n'est pas marginale parce que, d'une part elle requiert toute l'attention consciente de l'agent et, d'autre part, elle joue un rôle déterminant puisqu'on pourrait dire qu'elle est la « face personnelle » des mécanismes subpersonnels de sélection des actions. De plus, nous avons vu que les sensations proprioceptives sont particulièrement importantes dans la constitution de l'expérience pré-réfléchie. Si ces propositions sont vraies, elles pourraient suggérer deux caractéristiques des experts : ils se pourraient qu'ils aient développé des capacités supérieures à la moyenne pour, d'une part porter attention aux sensations proprioceptives et, d'autre part, maintenir

¹²⁶ « Moyens » et « résultats » sont des termes équivoques dans ce contexte. Ce que je critique c'est une pédagogie dans laquelle l'élève copie des mouvements pour eux-mêmes plutôt que pour l'effet qu'ils sont censés produire. Mais cette précaution n'empêche pas de hiérarchiser les résultats visés, c'est-à-dire de viser d'abord des résultats qui serviront ensuite de moyens pour atteindre d'autres résultats. Une action complexe peut être découpée en sous-actions, en respectant une logique fonctionnelle. Et la pédagogie peut (doit) découper des résultats complexes en moyens plus simples. C'est un découpage des actions en mouvements coupés de leurs fonctions qui est problématique. Et la pédagogie ne doit pas, à mon avis, enseigner des moyens coupés de leurs résultats.

une attention diffuse (ou « vigilance », voir Bruya, 2006) qui permet que de nombreuses dimensions de l'action soient visées simultanément par la conscience sans que l'attention ne se focalise sur aucune d'elles, ou sur un autre objet intentionnel. Il pourrait donc être pertinent d'intégrer dans les stratégies de développement des experts des pratiques telles que l'éducation somatique (voir, par exemple, Shusterman, 2008) et la méditation de type *shamatha-vipashyanā*¹²⁷ (voir, par exemple, Genoud, 2009; Varela *et al.*, 1993), qui contribuent respectivement au développement des deux caractéristiques que je viens de mentionner.

Nous avons vu aussi que des processus qui entraînent l'émergence d'une conscience réfléchie pourraient parfois être nécessaires pour dépasser des obstructions importantes (de niveau 3), même dans la performance experte. Mais j'ai fait l'hypothèse que ces processus, que l'on peut dire « de haut niveau », ont plus de chance de bénéficier à la performance s'ils sont dans une relation de contrainte réciproque avec les prédictions de plus bas niveau, notamment proprioceptives. Chez l'expert, les actes cognitifs « de haut niveau » sont donc probablement le plus souvent de ce type, ce qui, sur le plan phénoménologique correspond à l'expérience d'une pensée fortement incarnée, ancrée dans le vécu corporel. Les prédictions sensorielles sont réfléchies dans leur(s) propre(s) modalité(s), ce qui donne lieu à des sensations corporelles (par exemple proprioceptives ou multi-sensorielles) explicites (bien que pas encore nécessairement thématiques). Ces prédictions sensorielles entraînent, par association, d'autres prédictions sensorielles, de modalité(s) identique(s) ou différente(s). Si des mots, des images en troisième personne ou d'autres symboles qui ne sont pas dans la ou les modalité(s) originelle(s) interviennent, c'est seulement comme intermédiaires pour relier des prédictions sensorielles, pas pour s'y substituer et déclencher une réflexion

¹²⁷ Pour ce qui est recherché ici, la « méditation pleine conscience » (*Mindfulness meditation*; voir Kabat-Zinn, 2001) peut être considérée comme équivalente à la méditation *shamatha-vipashyanā*, dont elle est largement inspirée.

abstraite, détachée du vécu corporel¹²⁸. Un autre trait distinctif de l'expert pourrait donc être une capacité supérieure (par rapport à l'être humain moyen) à réfléchir un vécu corporel, c'est-à-dire à le re-présenter dans sa ou ses modalités originelles (acte que j'ai nommé plus haut « réfléchissement »), sans s'engager de manière précipitée dans des actes cognitifs abstraits. Dans le but de développer la capacité des aspirant-experts à réfléchir leur vécu corporel de manière « non-conceptuelle », une pratique comme la méditation shamatha-vipashyanâ pourrait à nouveau être pertinente¹²⁹. Le réfléchissement des sensations proprioceptives en particulier pourrait être développé par la pratique de l'éducation somatique. Enfin, la méthode de l'entretien d'explicitation (ou « entretien micro-phénoménologique »; voir plus haut) a été spécifiquement conçue pour susciter l'acte de réfléchissement. Je crois que cet outil pourrait contribuer à développer la capacité des experts à réfléchir leur vécu corporel sans nécessairement s'engager dans une réflexion abstraite, durant l'exécution d'une performance, lorsqu'une obstruction de l'action l'exige. L'entretien d'explicitation permet aussi à l'expert d'effectuer un retour *en première personne*¹³⁰ sur sa pratique (d'entraînement ou de performance)¹³¹. Et cela peut permettre de mémoriser des représentations de vécus corporels (soit dans des modalités sensorielles, soit sous des

¹²⁸ Cette idée correspond à la notion d'« *instructional nudge* » proposée par John Sutton (2007, p. 774).

¹²⁹ Attention, dans le contexte de la méditation *shamatha-vipashyanâ*, le terme « conceptuel » a rapport à la pensée abstraite ou « discursive ». Ce sens est très différent de celui que j'ai employé jusqu'à maintenant, qui signifiait que des catégories de prédictions étaient mobilisées au niveau subpersonnel. Selon ce deuxième sens, le réfléchissement est conceptuel, même s'il est « corporel », « non-thématisé », « non-discursif » etc.

¹³⁰ Il s'agit, à proprement parler, d'un retour en *deuxième* personne puisque le réfléchissement s'effectue avec l'aide d'un accompagnateur (voir Depraz *et al.*, 2001). Mais il m'a semblé que la distinction entre première et deuxième personne n'était pas très pertinente pour mon propos et qu'il était préférable d'employer l'expression « en première personne », probablement plus compréhensible par un lecteur non initié à ces questions.

¹³¹ L'existence de ce type d'analyse de pratique fait en sorte que la « pratique délibérée », que nous avons intégrée à notre définition de l'expert (chapitre I), ne conduit pas nécessairement à une sur-intellectualisation de l'activité motrice. Je ne veux pas dire par là que les analyses en troisième personne entraînent nécessairement la sur-intellectualisation et doivent être absolument proscrites. Mais je crois que ce type d'analyse peut entraîner cette conséquence s'il n'est pas employé avec précaution (une précaution pourrait être de faire précéder le retour réflexif en première personne).

formes symboliques) qui peuvent être réinvesties dans des moments de performance où le réfléchissement est requis (voir Arnould, 2016; Legault, 2004). Il n'est peut-être même pas exclu que ce type de retour réflexif puisse modifier la structure des futures expériences pré-réfléchies. En effet, on peut supposer que le fait de représenter explicitement certaines séquences de vécu d'action peut modifier les catégories conceptuelles selon lesquelles les prédictions d'actions sont émises.

Enfin, j'ai admis qu'il se pourrait que, dans certaines situations, l'expert se détache plus fortement de son vécu corporel pour effectuer des actes cognitifs de l'ordre du raisonnement : le mot ou l'image éveillé par la prédiction sensorielle réfléchie n'appellerait plus une autre prédiction sensorielle mais un autre mot, et ainsi de suite jusqu'à former une signification abstraite détachée de toute contrainte sensorielle, notamment proprioceptive (signaux d'erreur de prédiction). Ce type de cognition, que j'ai appelée « fortement détachée », entraîne un contrôle moteur « top-down ». Plus haut, j'ai fait l'hypothèse que ce type de cognition a plus de chance de nuire à l'action motrice que la forme de cognition moins détachée dont j'ai parlé au paragraphe précédent. Cette hypothèse en entraîne une autre : l'expert ne se livre à des actes cognitifs fortement détachés qu'en dernier recours.

Je vais maintenant formuler une hypothèse supplémentaire : un expert cherche d'abord et toujours à produire des effets fonctionnels, concrets, auxquels correspondent des sensations. S'il arrive que l'expert se livre à des actes cognitifs fortement détachés parce qu'il n'obtient pas les effets (sensations) recherché(e)s, je crois que les premiers (les actes cognitifs détachés) restent toujours subordonnés à la recherche des seconds (les effets ou sensations. Par exemple, à chaque fois qu'un nageur expert effectue une action propulsive, il est probablement par-dessus tout à la recherche de sensations correspondant à une accélération du corps dans une certaine direction (horizontale en nage-libre et dos, avec une certaine courbe en papillon et brasse). Supposons que tous les mécanismes de contrôle de l'action que j'ai décrits aient échoué à produire la

sensation d'accélération recherchée et que le nageur soit conduit, en dernier recours, à se représenter, au moyen d'images en troisième personne, la forme que devrait avoir son bras durant l'action propulsive, suivant un raisonnement basé sur des règles abstraites telles que : « le segment propulseur doit être orienté orthogonalement à l'axe de déplacement du corps ». Dans une telle situation, le nageur pourrait accorder une certaine attention aux sensations qui lui indiquent l'orientation de son avant-bras, de manière à conformer cette orientation à ce que prescrit le raisonnement abstrait. Mais, mon hypothèse est que, dans le cas d'un expert, l'attention portée aux sensations renseignant sur l'orientation de l'avant-bras restera en arrière-plan par rapport à l'attention portée aux sensations d'accélération du corps¹³². Autrement dit, je crois que l'expert ne confond pas les buts et les moyens et ne soumet jamais complètement sa motricité à un contrôle top-down, même dans les rares cas où il raisonne de manière abstraite¹³³. Un débutant, au contraire, peut parfois chercher à conformer ses gestes à une règle ou une image qu'il se fait du « geste parfait », au mépris des effets que produisent réellement ses gestes. Dans un fonctionnement de ce type, les prédictions de haut-niveau exercent une contrainte extrêmement forte sur les prédictions de bas niveau (notamment proprioceptives). Ces dernières sont comme « court-circuitées ». Or nous avons vu qu'elles constituent la base d'un contrôle moteur efficace, y compris dans la performance experte. On peut penser qu'une pédagogie basée sur des gestes à reproduire tend à renforcer ce type de fonctionnement « *top-down* ». Par conséquent, si notre compréhension de la performance experte est juste, ce type de pédagogie n'est peut-être pas le plus approprié pour former des experts. Une pédagogie basée sur des résultats à produire (comme, par exemple, la « pédagogie de l'action », voir plus haut)

¹³² Remarque : il est possible de concevoir que des sensations (dans notre exemple, celles renseignant sur l'orientation de l'avant-bras) passent à l'avant-plan de l'attention tout en restant subordonnées, au niveau de la structure hiérarchique de l'action, aux sensations (dans notre exemple, celles renseignant sur l'accélération du corps) qui passent alors à l'arrière-plan de l'attention.

¹³³ L'hypothèse proposée dans ce paragraphe s'applique surtout aux activités dites *téléocinétiques*, c'est-à-dire les activités dans lesquelles le but est de produire un résultat; il se pourrait qu'elle s'applique moins bien aux activités *morphocinétiques*, dans lesquelles le but est de reproduire une forme gestuelle (j'emploie les termes « téléocinétique » et « morphocinétique » aux sens définis par Desmurget, 2006).

pourrait être préférable, si l'objectif visé est de développer une véritable expertise. Ceci dit, le modèle de l'expertise motrice auquel nous sommes parvenus n'interdit pas complètement de donner à l'élève (aspirant-expert) certaines règles ou certains modèles de mouvement (démonstrations). Mais, notre modèle suggère que les règles et démonstrations ne devraient être données qu'à titre indicatif, pour aider l'élève dans sa recherche active de résultats concrets, jamais pour se substituer à cette recherche. Notre modèle suggère aussi qu'un entraîneur ne devrait donner à son élève des règles théoriques ou des modèles de mouvements en troisième personne qu'avec prudence¹³⁴, et qu'au lieu de cela il peut aider l'élève à *se* donner des règles ou des représentations d'action en première personne, par le réfléchissement de ses propres actions (par exemple au moyen d'entretiens d'explicitation; voir plus haut).

Mon principal objectif était de déterminer le rôle de la conscience dans la performance motrice experte. Étant donné que les activités dans lesquelles on peut observer de l'expertise sont extrêmement variées, que les experts (et les types de fonctionnement qu'ils adoptent) peuvent être très différents les uns des autres et qu'un individu expert peut adopter des fonctionnements très différents d'une performance à l'autre et même à différents moments d'une même performance, il apparaît déraisonnable de chercher à définir *le* rôle de la conscience dans *la* performance experte. Cependant, je pense avoir exposé de bonnes raisons de penser qu'une conscience corporelle pré-réfléchie joue probablement un rôle important dans de nombreux moments de la plupart des performances expertes et que des actes cognitifs conscients réfléchis (de préférence fortement incarnés) peuvent également contribuer à certaines performances expertes, notamment dans des moments particulièrement difficiles pour un expert donné (relativement à ses habiletés propres). Pour terminer comme j'ai commencé – avec la théorie de l'expertise d'Hubert Dreyfus – je souhaite reconnaître à ce dernier le mérite

¹³⁴ Définir précisément les conditions qui font qu'une règle théorique ou un modèle de mouvement en troisième personne contribuent ou nuisent au développement d'une expertise motrice pourrait faire l'objet d'un travail séparé.

d'avoir mis en question les explications de l'expertise basées sur des conceptions linéaires du contrôle moteur de type « perception-pensée-action » (*sense-think-act*) et sur des conceptions de la cognition comme un système fondamentalement symbolique, et le mérite d'avoir contribué au développement d'une compréhension de l'expertise basée sur une conception de la cognition comme étant fondamentalement l'intégration de la perception et de l'action, et, par conséquence, comme étant aussi fondamentalement holistique, donc non réductible à un système symbolique. Cependant, je pense que Dreyfus a commis deux erreurs : il a, selon moi, négligé le rôle spécifique que peut jouer la conscience pré-réfléchie impliquée par les processus holistiques à la base du contrôle de l'action, et il a trop rapidement exclu la possibilité que des processus cognitifs impliquant une conscience réfléchie puissent parfois contribuer à la performance experte. Aux personnes qui voudraient s'appuyer sur la compréhension de l'expertise que j'ai proposée pour concevoir des stratégies de développement de l'expertise, je conseillerais de tenir compte du point de vue de Dreyfus en choisissant une pédagogie basée sur des situations concrètes d'action, comme, par exemple, la *pédagogie de l'action*¹³⁵. Mais je conseillerais également de tenir compte des critiques que j'ai opposées à Dreyfus en cherchant aussi à développer la capacité à effectuer des actes cognitifs conscients spécifiquement appropriés pour contribuer à la performance experte, notamment en employant des outils comme la méditation, l'éducation somatique et l'entretien d'explicitation.

¹³⁵ Dreyfus ne recommandait pas une telle pédagogie. Comme nous l'avons vu au chapitre I, dans la théorie de l'expertise de Dreyfus, le premier stade du développement de l'expertise est entièrement basé sur des instructions et le novice fonctionne comme une machine symbolique; dans les stades subséquents du développement de l'expertise, l'agent va progressivement se départir de ce fonctionnement et adopter un fonctionnement de plus en plus holistique. Selon moi, les approches pédagogiques qui ne commencent pas par un stade de fonctionnement symbolique sont plus conséquentes avec la conception de l'humain de Dreyfus, selon laquelle le système cognitif humain n'est pas une machine symbolique. J'ignore si Dreyfus avait connaissance de ces approches pédagogiques et ce qu'il en aurait pensé.

RÉFÉRENCES

- Arnould, C. (2016). Récit de pratique didactico-pédagogique en natation de compétition. Rôles de l'explicitation dans le développement d'une expertise motrice. *Expliciter*, 111, 33-41.
- Bergamin, J. A. (2016). Being-in-the-flow: expert coping as beyond both thought and automaticity. *Phenomenology and the Cognitive Sciences*. DOI 10.1007/s11097-016-9463-1.
- Berthoz, A. (1997). *Le sens du mouvement*. Paris : Odile Jacob.
- Block, N. (1995). On a confusion about a function of consciousness. *Behavioral and Brain Sciences*, 18, 227-287.
- Breivik, G. (2007). Skillful coping in everyday life and in sport: a critical examination of the views of Heidegger and Dreyfus. *Journal of the Philosophy of Sport*, 34, 116–134.
- Breivik, G. (2013). Zombie-like or superconscious? A phenomenological and conceptual analysis of consciousness in elite sport. *Journal of the Philosophy of Sport*, 40, 85–106.
- Bressler, S. L. et Menon, V. (2010). Large-scale brain networks in cognition: emerging methods and principles. *Trends in Cognitive Sciences*, 14, 277–290. doi:10.1016/j.tics.2010.04.004
- Bruineberg, J., Kiverstein, J. et Rietveld, E. (2016). The anticipating brain is not a scientist: the free-energy principle from an ecological-enactive perspective. *Synthese*. DOI 10.1007/s11229-016-1239-1
- Bruineberg, J. et Rietveld, E. (2014). Self-organization, free energy minimization, and optimal grip on a field of affordances. *Frontiers in Human Neuroscience*, 8. doi: 10.3389/fnhum.2014.00599
- Bruya, B. (2006). Apertures, draw, and syntax: remodeling attention. Dans B. Bruya (dir.), *Effortless attention. A new perspective in the cognitive science of attention and action* (p. 219-245). Cambridge, MA: MIT Press.

- Bryan, W. L. et Harter, N. (1899). Studies on the telegraphic language: The acquisition of a hierarchy of habits. *Psychological Review*, 6, 345-375.
- Buser, P. et Debru, P. (2011). *Le temps, instant et durée. De la philosophie aux neurosciences*. Paris : Odile Jacob.
- Catteau, R. (2008). *La natation de demain. Une pédagogie de l'action*. Anglet : Atlantica.
- Chen, H. H., Liu, Y. T., Mayer-Kress, G., et Newell, K. M. (2005). Learning the pedalo locomotion task. *Journal of Motor Behavior*, 37, 247-256.
- Christensen, W., Sutton, J. et McIlwain, D. J. F. (2015). Putting pressure on theories of choking: towards an expanded perspective on breakdown in skilled performance. *Phenomenology and the Cognitive Sciences*, 14, 253–293. DOI 10.1007/s11097-014-9395-6
- Christensen, W., Sutton, J. et McIlwain, D. J. F. (2016). Cognition in skilled action: meshed control and the varieties of skill experience. *Mind & Language*, 31(1), p. 37–66.
- Cisek, P. (2007). Cortical mechanisms of action selection: The affordance competition hypothesis. *Philosophical Transactions of the Royal Society B*, 362, 1585-1599. doi: 10.1098/rstb.2007.2054.
- Cisek, P. et Kalaska, J. F. (2010). Neural mechanisms for interacting with a world full of action choices. *Annual Review of Neuroscience*, 33, 269–298.
- Clark, A. (1997). *Being There. Putting Brain, Body, and World Together Again*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Clark, A. (2016). *Surfing uncertainty. Prediction, action, and the embodied mind*. [Format Kindle]. New-York, NY: Oxford University Press.
- Csikszentmihalyi, M. (1975). *Beyond boredom and anxiety*. San Francisco, CA: Jossey-Bass.
- Davids, K., Button, C. et Bennett, S. (2008). *Dynamics of skill acquisition. A constraints-led approach*. U.S.A: Human Kinetics.
- Dehaene, S. (2014). *Consciousness and the brain. Deciphering how the brain codes our thoughts* [Format Kindle]. New-York, NY: Penguin Group.

- Dennet, C. D. (1986). *Content and consciousness* (2^e éd.). London: Routledge.
- Depraz, N., Varela, F. et Vermersch, P. (dir.). (2003). *On Becoming Aware: A pragmatics of experiencing*. Amsterdam: John Benjamins Publishing Company.
- Desmurget, M. (2006). *Imitation et apprentissages moteurs : Des neurones miroirs à la pédagogie du geste sportif*. Marseille : Solal.
- Doya, K. (2000). Complementary roles of basal ganglia and cerebellum in learning and motor control. *Current Opinion in Neurobiology*, 10, 732–739.
- Dreyfus, H. L. (2000). Responses. Dans M. A. Wrathall, et J. Malpas (dir.), *Heidegger, coping, and cognitive science. Essays in honor of Hubert L. Dreyfus, Volume 2*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Dreyfus, H. L. (2002). Intelligence without representation – Merleau-Ponty’s critique of mental representation: The relevance of phenomenology to scientific explanation. *Phenomenology and the Cognitive Sciences*, 1, 367–383.
- Dreyfus, H. L. (2013). The myth of the pervasiveness of the mental. Dans J. K. Schear (dir.), *Mind, reason, and being-in-the-world. The McDowell-Dreyfus debate*. (p. 15-40). New-York, NY: Routledge.
- Dreyfus, H. L. (2014a). Merleau-Ponty and recent cognitive science. Dans M. A. Wrathall (dir.), *Skillful coping. Essays on the phenomenology of everyday perception and action* (p. 231-248). Oxford: Oxford University Press.
- Dreyfus, H. L. (2014b). Overcoming the Myth of the Mental. How Philosophers Can Profit from the Phenomenology of Everyday Expertise. Dans M. A. Wrathall (dir.), *Skillful coping. Essays on the phenomenology of everyday perception and action* (p. 104-124). Oxford: Oxford University Press.
- Dreyfus, H. L. et Dreyfus, S. E. (1986). *Mind over machines. The power of human intuition and expertise in the era of the computer*. New-York, NY: Free Press.
- Dreyfus, H. L. et Dreyfus, S. E. (2014a). From Socrates to expert systems: The limits of calculative rationality. Dans M. A. Wrathall (dir.), *Skillful coping. Essays on the phenomenology of everyday perception and action* (p. 25-43). Oxford: Oxford University Press.
- Dreyfus, H. L. et Dreyfus, S. E. (2014b). What is moral maturity? Towards a phenomenology of ethical expertise. Dans M. A. Wrathall (dir.), *Skillful coping. Essays on the phenomenology of everyday perception and action* (p. 183-201). Oxford: Oxford University Press.

- Dreyfus, H. L. et Kelly, S. D. (2007). Heterophenomenology: Heavy-handed sleight-of-hand. *Phenomenology and the Cognitive Sciences*, 6, 45–55.
- Ericsson, K. A. (2006). The Influence of experience and deliberate practice on the development of superior expert performance. Dans K. A. Ericsson, N. Charness, P. J. Feltovich, et R. R. Hoffman (dir.), *The Cambridge handbook of expertise and expert performance*. (p. 1-38). Cambridge, MA: Cambridge University Press.
- Ericsson, K. A. (2008). Deliberate practice and acquisition of expert performance: A general overview. *Academic Emergency Medicine*, 15, 988-994.
- Ericsson, K. A., Krampe, R. T., et Tesch-Romer, C. (1993). The role of deliberate practice in the acquisition of expert performance. *Psychological Review*, 100(3), 363-406.
- Ericsson, K. A. et Charness, N. (1994). Expert performance: Its structure and acquisition. *American Psychologist*, 49, 725-747.
- Evans, J. et Frankish, K. (2009). *In two minds: Dual processes and beyond*. Oxford: Oxford University Press.
- Feldman Barrett, L. (2016a). *Affect vs. emotion* [note de bas de page prolongée sur le web]. Récupérée de https://how-emotions-are-made.com/notes/Affect_vs._emotion
- Feldman Barrett, L. (2016b). *Appraisal theories* [note de bas de page prolongée sur le web]. Récupérée de https://how-emotions-are-made.com/notes/Appraisal_theories
- Feldman Barrett, L. (2016c). *Interoceptive perception is imprecise* [note de bas de page prolongée sur le web]. Récupérée de https://how-emotions-are-made.com/notes/Interoceptive_perception_is_imprecise
- Feldman Barrett, L. (2016d). *Motor vs. Sensory predictions* [note de bas de page prolongée sur le web]. Récupérée de https://how-emotions-are-made.com/notes/Motor_vs._sensory_predictions
- Feldman Barrett, L. (2016e). *Other names for the default mode network* [note de bas de page prolongée sur le web]. Récupérée de https://how-emotions-are-made.com/notes/Other_names_for_the_default_mode_network

- Feldman Barrett, L. (2016f). *Other names for the interoceptive network* [note de bas de page prolongée sur le web]. Récupérée de https://how-emotions-are-made.com/notes/Other_names_for_the_interoceptive_network
- Feldman Barrett, L. (2016g). *Overlapping networks* [note de bas de page prolongée sur le web]. Récupérée de https://how-emotions-are-made.com/notes/Overlapping_networks
- Feldman Barrett, L. (2016h). *Regions of the interoceptive network* [note de bas de page prolongée sur le web]. Récupérée de https://how-emotions-are-made.com/notes/Regions_of_the_interoceptive_network
- Feldman Barrett, L. (2017a). *How emotions are made. The secret life of the brain*. Boston, MA: Houghton Mifflin Harcourt.
- Feldman Barrett, L. (2017b). The theory of constructed emotions: an active inference account of interoception and categorization. *Social Cognitive and Affective Neuroscience*: 1-23. doi: 10.1093/scan/nsw154
- Fiorillo, C. D., Tobler, P. N., et Schultz, W. (2003). Discrete coding of reward probability and uncertainty by dopamine neurons. *Science*, 299, 1898–1902.
- Freeman, W. J. (1999). *How brains make up their minds*. London: Weidenfeld and Nicolson.
- Friston, K. J. (1997). Transients, metastability, and neuronal dynamics. *NeuroImage*, 5, 164-171.
- Friston, K. J. (2003). Learning and inference in the brain. *Neural Networks*, 16, 1325–1352
- Friston, K. J. (2009). The free-energy principle: a rough guide to the brain? *Trends in Cognitive Science*, 13(7), 293-301. doi:10.1016/j.tics.2009.04.005
- Friston, K. J. (2010). The free-energy principle: a unified brain theory? *Nature Reviews Neuroscience*, 11, 127-138.
- Friston, K. J. (2011). What is optimal about motor control? *Neuron*, 72, 488-498.
- Friston, K. J., Shiner, T., FitzGerald, T., Galea, J. M., Adams, R., Brown, H., Dolan, R. J. et al. (2012). Dopamine, affordance and active inference. *PLoS Computational Biology*, 8(1): e1002327. doi:10.1371/journal.pcbi.1002327
- Gallagher, S. (2005). *How the body shapes the mind*. Oxford: Clarendon Press.

- Gallagher, S. et Zahavi, D. (2016). Phenomenological approaches to self-consciousness. Dans E. N. Zalta (dir.), *The Stanford Encyclopedia of Philosophy (Winter 2016 Edition)*. URL = [<https://plato.stanford.edu/archives/win2016/entries/self-consciousness-phenomenological/>](https://plato.stanford.edu/archives/win2016/entries/self-consciousness-phenomenological/)
- Genoud, C. (2009). On the Cultivation of Presence in Buddhist Meditation. *Journal of Consciousness Studies*, 16(12), 117-128.
- Gibson, J. J. (2015). *The Ecological Approach to Visual Perception*. New-York, NY: Psychology Press.
- Goodale, M. A. et Milner, A. D. (1992). Separate visual pathways for perception and action. *Trends in Neuroscience*, 15, 20-25.
- Heidegger, M. (1986). *Être et temps*. (F. Vezin, trad.). Paris : Gallimard.
- Holst, E. von et Mittelstaedt, H. (1950). The principle of reafference: Interactions between the central nervous system and the peripheral organs. [Traduction de Das reafferenz princip : Wedselwirkungen zwischen zentralnervensystem und peripherie. *Die Naturwissenschaften*, 37, 464-476; traducteur inconnu; date de traduction inconnue] Récupéré de https://courses.cit.cornell.edu/bionb4240/Documents/Holst_Mittelstaedt_1950_English.pdf
- Hohwy, J. (2013). *The predictive mind*. [Format Kindle]. New-York, NY: Oxford University Press.
- Houk, J. C., Bastianen, C., Fansler, D., Fishbach, A., Fraser, D., Reber, P. J., ... et Simo, L. S. (2007). Action selection and refinement in subcortical loops through basal ganglia and cerebellum. *Philosophical Transactions of the Royal Society B*, 362, 1573-1583. doi:10.1098/rstb.2007.2063
- Hunter, J. et Csikszentmihalyi, M. (2000). The phenomenology of body-mind: The contrasting cases of flow in sports and contemplation. *Anthropology of Consciousness*, 11(3-4): 5-24.
- Husserl, E. (1970). *Expérience et jugement. Recherches en vue d'une généalogie de la logique* (D. Souche, trad.). Paris : Presses Universitaires de France.
- Jacob, P. (2014). Intentionality. Dans E. N. Zalta (dir.), *The Stanford Encyclopedia of Philosophy (Winter 2014 Edition)*. URL = [<https://plato.stanford.edu/archives/win2014/entries/intentionality/>](https://plato.stanford.edu/archives/win2014/entries/intentionality/)

- Jackson, S. A. et Csikszentmihalyi, M. (1999). *Flow in Sports. The keys to optimal experiences and performances*. USA: Human Kinetics.
- Jeannerod, M. (1997). *The cognitive neuroscience of action*. Oxford: Blackwell.
- Jeannerod, M. (2009). *Le cerveau volontaire*. Paris : Odile Jacob.
- Kabat-Zinn, J. (2001). *Mindfulness meditation for everyday life*. London: Piatkus Books.
- Kawato, M. (1999). Internal models for motor control and trajectory planning. *Current Opinion in Neurobiology*, 9, 718-727.
- Kelso, J. A. S. (1981). Contrasting perspectives on order and regulation in movement. Dans J. Long et A. Baddeley (dir.), *Attention and performance IX* (p. 437-458). Hillsdale, NJ: LEA.
- Kelso, J. A. S. (1984). Phase transitions and critical behavior in human bimanual coordination. *American Journal of Physiology: Regulatory, Integrative and Comparative Physiology*, 15, R1000-R1004.
- Kelso, J. A. S. (1995). *Dynamic patterns: The self-organization of brain and behavior*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Kruschke, J. K. (2010). *Doing bayesian data analysis: A tutorial with R and BUGS* [Draft of May 11, 2010]. Récupéré de <http://www.users.csbsju.edu/~mgass/robert.pdf>
- Laird, J., Rosenbloom, P. et Newell, A. (1986). *Universal subgoalting and chunking. The automatic generation and learning of goal hierarchies*. Boston, MA: Kluwer Academic Publishers.
- Legrand, D. et Ravn, S. (2009). Perceiving subjectivity in bodily movement: The case of dancers. *Phenomenology and the Cognitive Sciences*, 8, 389-408. DOI 10.1007/s11097-009-9135-5
- Legault, M. (2004). La symbolique en analyse de pratique. La place du futur dans l'analyse au présent d'une situation passée. *Expliciter*, 55, 31-38.
- Le nouveau Petit Robert de la langue française. (2008). Expert [Article de dictionnaire]. Paris : Le Robert.

- Lewis, M. D. et Todd, R. M. (2005). Getting emotional: A neural perspective on emotion, intention, and consciousness. *Journal of Consciousness Studies*, 12(8–10), 210–235.
- Luu, P., Tucker, D. M., Derryberry, D., Reed, M., et Poulsen, C. (2003). Electrophysiological responses to errors and feedback in the process of action regulation. *Psychological Science*, 14, 47–53.
- Menon V. (2015). Salience Network. Dans A. W. Toga (dir.), *Brain mapping: An encyclopedic reference*, vol. 2 (p. 597-611). Cambridge, MA: Elsevier.
- Merleau-Ponty, M. (1942). *La structure du comportement*. Paris : Presses Universitaires de France.
- Merleau-Ponty, M. (1945). *Phénoménologie de la perception*. Paris : Gallimard.
- Mertens, P. (2002). Neuroanatomie fonctionnelle [Notes de cours]. Récupéré de https://thebrain.mcgill.ca/flash/capsules/pdf_articles/neuroanatomie_fonctionnelle.pdf
- Metzinger, T. et Wiese, W. (2017). *Philosophy and predictive processing*. Frankfurt am Main: MIND Group.
- Miall, R. C. et Wolpert, D. M. (1996). Forward models for physiological motor control. *Neural Networks*, 9(8), 1265-1279.
- Montero, B. G. (2010). Does Bodily Awareness Interfere with Highly Skilled Movement? *Inquiry*, 53(2), 105–122.
- Montero, B. G. (2016). *Thought in action. Expertise and the conscious mind*. Oxford: Oxford University Press.
- Newell, K. M. (1986). Constraints on the development of coordination. Dans M. G. Wade et H. T. A. Whiting (dir.), *Motor development in children: Aspects of coordination and control* (p. 341-360). Dordrecht, Netherlands: Martinus Nijhoff.
- O'Reilly, R. C., Munakata, Y., Frank, M. J., Hazy, T. E., et Contributeurs/Contributrices (2012). *Computational Cognitive Neuroscience* [Wiki Book]. URL: <http://ccnbook.colorado.edu>
- Oosterwijk, S., Lindquist, K. A., Anderson, E., Dautoff, R., Moriguchi, Y., Feldman Barrett, L. (2012). States of mind: Emotions, body feelings, and thoughts share distributed neural networks. *NeuroImage*, 62, 2110–2128.

- Pacherie, E. (2006). Toward a dynamic theory of intentions. Dans S. Pocket, W. P. Banks et S. Gallagher (dir.), *Does consciousness cause behavior?* (p. 145-167). Cambridge, MA: MIT Press.
- Petit, J.-L. (dir.). (1997). *Les Neurosciences et la philosophie de l'action*. Paris : Vrin.
- Petitmengin, C. (2010). La dynamique pré-réfléchie de l'expérience vécue. *Alter. Revue de Phénoménologie*, 18, 165-182. Récupéré de https://www.researchgate.net/publication/280958771_La_dynamique_pre-reflechie_de_l'experience_vecue
- Petitmengin, C., Van Beek, M., Bitbol, M., Nissou, J.-M., Roepstorff, A. (2017). What is it like to meditate? Methods and issues for a micro-phenomenological description of meditative experience. *Journal of Consciousness Studies*, 24(5-6), 170-198.
- Proust, J. et Pacherie, E. (2008). Neurosciences et compréhension d'autrui. Dans P. Poirier et L. Faucher (dir.), *Des neurosciences à la philosophie. Neurophilosophie et philosophie des neurosciences* (p. 295-328). Paris : Syllepse.
- Ricoeur, P. (1949). *Philosophie de la volonté. Le volontaire et l'involontaire*. Paris : Aubier.
- Rietveld, E. (2008). Special Section. The skillful body as a concerned system of possible actions: Phenomena and neurodynamics. *Theory & Psychology*, 18(3), 341-363.
- Ryle, G. (2009). *The concept of mind*. London: Routledge.
- Sartre, J.-P. (1943). *L'être et le néant. Essai d'ontologie phénoménologique*. Paris : Gallimard.
- Searle, J. R. (1980). The intentionality of intention and action. *Cognitive Science*, 4, 47-70.
- Seifert, L., Delignières, D., Boulesteix, L. et Chollet, D. (2007). Effect of expertise on butterfly stroke coordination. *Journal of Sports Sciences*, 25(2): 131 – 141.
- Seth, A. K. et Friston, K. J. (2016). Active interoceptive inference and the emotional brain. *Philosophical Transactions of the Royal Society B*, 371. <http://dx.doi.org/10.1098/rstb.2016.0007>

- Seth, A. K., Suzuki, K. et Critchley, H. D. (2012). An interoceptive predictive coding model of conscious presence. *Frontiers in Psychology*, 2. doi: 10.3389/fpsyg.2011.00395
- Shusterman, R. (2008). *Body consciousness. A philosophy of mindfulness and somaesthetics*. Cambridge, MA: Cambridge University Press.
- Sperry, R. W. (1950). Neural basis of the spontaneous optokinetic response produced by visual inversion. *Journal of Comparative and Physiological Psychology*, 43(6), 482-489. Récupéré de <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.294.2746&rep=rep1&type=pdf>
- Sterling, P. (2012). Allostasis: A model of predictive regulation. *Physiology and Behavior*, 106(1), 5-15. doi: 10.1016/j.physbeh.2011.06.004
- Sutton, J. (2007). Batting, habit and memory: The embodied mind and the nature of skill. *Sport in Society: Cultures, Commerce, Media Politics*, 10(5), 763–786.
- Sutton, J., McIlwain, D., Christensen, W. et Geeves, A. (2011). Applying Intelligence to the Reflexes: Embodied Skills and Habits between Dreyfus and Descartes. *Journal of the British Society for Phenomenology*, 42(1), 78-103.
- Temprado, J. J. (2001). Co-ordination in the volleyball serve: Expert–novice differences. Dans K. Davids, G. Savelsbergh, S.J. Bennett et J. van der Kamp (dir.), *Interceptive actions in sport: Information and movement* (p. 259-272). London: Routledge.
- Thompson, E. (2007). *Mind in life. Biology, phenomenology and the sciences of mind*. Cambridge, MA: The Belknap Press of Harvard University Press.
- Todorov, E. et Jordan, M. I. (2002). Optimal feedback control as a theory of motor coordination. *Nature Neuroscience*, 5(11), doi: 10.1038/mn963
- Toner, J., Montero, B. G. et Moran, A. (2014). Considering the role of cognitive control in expert performance. *Phenomenology and the Cognitive Sciences*. DOI 10.1007/s11097-014-9407-6
- Toner, J., Montero, B. G. et Moran, A. (2016). Reflective and Prereflective Bodily Awareness in Skilled Action. *Psychology of Consciousness: Theory, Research, and Practice*, 3(4), 303–315.

- Turner, R. S., et Desmurget, M. (2010). Basal ganglia contributions to motor control: a vigorous tutor. *Current Opinion in Neurobiology*, 20, 704–716.
<https://doi.org/10.1016/j.conb.2010.08.022>
- Turvey, M.T., Fitch, H.L., et Tuller, B. (1982). The Bernstein perspective. I. The problem of degrees-of-freedom and context-conditioned variability. Dans J. A. S. Kelso (dir.), *Human motor behaviour: An introduction* (p. 239-252). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Ungerleider, L. G. et Mishkin, M. (1982). Two cortical visual systems. Dans D. J. Ingle, M. A. Goodale et R. J. W. Mansfield (dir.), *Analysis of Visual Behavior* (p. 549–586). Cambridge, MA: MIT press.
- Van Veen, V. et Carter, C. S. (2002). The anterior cingulate as a conflict monitor: fMRI and ERP studies. *Physiology and Behavior*, 77(4-5), 477-482.
- Varela, F. J. (1996). Neurophenomenology: a methodological remedy for the hard problem. *Journal of Consciousness Studies*, 3, 330-350.
- Varela, F. J., et Thompson. E. (2003). Neural synchrony and the unity of mind: a neurophenomenological perspective. Dans A. Cleeremans (dir.), *The unity of consciousness: Binding, integration and dissociation* (p. 268-287). New York: Oxford University Press.
- Varela, F. J., Thompson. E., et Rosch, E. (1993). *L'inscription corporelle de l'esprit. Sciences cognitives et expérience humaine* (V. Havelange, trad.). Paris : Seuil.
- Vermersch, P. (2011). *L'entretien d'explicitation*. (7^e éd.). Issy-les-Moulineaux : ESF Éditeur.
- Vermersch, P. (2012). *Explicitation et phénoménologie*. Paris : Presses Universitaires de France.
- Wolpert, D. M et Kawato, M. (1998). Multiple paired forward and inverse models for motor control. *Neural Networks*, 11, 1317-1329.
- Wolpert, D. M., Doya, K. et Kawato, M. (2003). A unifying computational framework for motor control and social interaction. *Philosophical Transactions of the Royal Society B*, 358, 593-602.
- Wrathall, M. A. et Malpas, J. (dir.) (2000). *Heidegger, coping, and cognitive science. Essays in honor of Hubert L. Dreyfus, volume 2*. Cambridge, MA: The MIT Press.