



HAL
open science

La place des enjeux dans l'adaptation et le développement

Camilo Charron

► **To cite this version:**

Camilo Charron. La place des enjeux dans l'adaptation et le développement. Psychologie. Université Rennes 2, 2016. tel-02941778

HAL Id: tel-02941778

<https://hal.science/tel-02941778v1>

Submitted on 17 Sep 2020

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

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



*Synthèse des travaux en vue de l'obtention d'une
Habilitation à Diriger des Recherches en Psychologie*

Volume 1. Document de synthèse

La place des enjeux dans l'adaptation et le développement

Ce que nous apprennent les prises de risque choisies
dans la mobilité piétonne, à ski ou en voiture

Camilo Charron

12 Décembre 2016

Jury :

Jean-Michel Boucheix, Professeur des Universités, Université de Bourgogne (examineur)

Bernard Cadet, Professeur émérite des Universités, Université de Caen (rapporteur)

Jérôme Dinet, Professeur des Universités, Université de Lorraine (rapporteur)

Jean-Emile Gombert, Professeur émérite des Universités, Université Rennes 2 (garant)

Marie-Axelle Granié, Directrice de recherche, IFSTTAR-TS2-LMA (rapporteur)

André Tricot, Professeur des Universités, ESPE Toulouse (examineur)

Ecole Doctorale Sciences Humaines et Sociales

Table des matières

Avant-propos	5
Introduction générale : adaptation, développement et enjeux ...	9
Partie I Conséquences des enjeux sur les choix adaptatifs	
1 Introduction aux enjeux et aux choix adaptatifs du piéton ..	35
2 Que sait l'enfant sur les façons de traverser ?	39
3 Etant pressé, l'enfant prend-il des risques ?	43
4 L'enfant contrôle-t-il en totalité sa façon de traverser ?	51
5 Dans la rue, que font réellement les enfants pressés ?	55
6 Les choix adaptatifs dépendent donc bien des enjeux et pas forcément pour le meilleur	59
Partie II Enjeux et développement	
7 Introduction sur les enjeux et le développement	65
8 Hiérarchie de priorités, enjeux et développement	67
9 Variations des priorités entre les enjeux selon le contexte et le développement	79
10 Enjeux et développement : l'œuf et la poule	95
Partie III Enjeux et contrôle cognitif	
11 Brève introduction au contrôle cognitif et à ses dimensions .	99
12 La place des enjeux dans la dynamique du contrôle cognitif.	107
Conclusion générale	125

Références bibliographiques	135
Annexe A	153
Annexe B	157
Annexe C	159

Avant-propos

Dans la plupart des contextes dans lesquels vivent ou travaillent les personnes, il y a inévitablement des changements qui s'opèrent. Cela pousse les individus à régulièrement modifier leurs interactions avec le milieu. Le but est d'obtenir, de maintenir ou de rétablir un état souhaitable de la situation. C'est l'adaptation. J'en étudie deux modalités imbriquées : i) la sélection des ressources (compétences, gestion des priorités...) dans le bon ordre et avec la bonne intensité, autrement dit le contrôle cognitif; et ii) la transformation durable des ressources (pas nécessairement majorante), le développement. Pour ce faire, même si au cours de mes recherches, le sujet n'a jamais été dissocié de ses contextes de fonctionnement, mon objet d'étude a évolué au fil du temps. Il a d'abord été le sujet pris en contextes. Puis, petit à petit, il est devenu le couple lui-même sujets-contextes. A posteriori, il me semble identifier trois périodes dans mes travaux.

Durant la première époque, de 1995 à la moitié des années 2000 environ, mes investigations ont abordé des activités statiques – dans lesquelles l'individu contrôle entièrement les changements sans autre intervention – relatives à l'usage des nombres, principalement. Dans les études consignées dans ma thèse de doctorat (Charron, 1998) réalisée sous la direction de Gérard Vergnaud, je me suis intéressé à un phénomène, parfois déroutant, appelé "rupture du développement" qui intriguait autant les enseignants que les chercheurs : à certaines périodes, l'enfant semble réussir une tâche A et échouer dans une tâche B qui relève pourtant des mêmes compétences. La question posée et non résolue était alors de savoir ce qui changeait entre le moment où le sujet présentait cette rupture et le moment où il la dépassait. Deux points de vue théoriques s'affrontaient : il s'agissait soit d'une transformation de connaissances soit, au contraire, d'une adaptation des stratégies attentionnelles qui laissaient intacts les acquis antérieurs. Les données que j'ai accumulées sur plus de 700 enfants et adolescents ont confirmé le caractère général des ruptures et montré que leur dépassement consiste à adapter les fonctions exécutives en même temps qu'à modifier le domaine de validité des acquis (Houdé et Charron, 1995 ; Charron et Ducloy, 1996 ; Charron, 2002).

A mon arrivée au Centre de Recherche en Psychologie Cognition et Communication de l'Université de Rennes 2 (CRPCC), il s'est agi ensuite de cerner l'utilisation des nombres dans des contextes d'arithmétique quotidienne (utilisation que l'on appelle "numéracie"). Cela s'est fait au travers de plusieurs

conventions de recherches, dont j'ai été responsable ou co-responsable avec Claire Meljac ou Jean-Emile Gombert. D'un côté, a été développée une approche clinique du développement logico-mathématique (Charron, 1999; Charron, Duquesne, Marchand et Meljac, 2001) avec une nouvelle méthode de remédiation des difficultés numériques (Meljac et Charron, 2002; Charron, Duquesne, Marchand et Meljac, 2005). De l'autre, grâce à une batterie d'épreuves développée par une équipe que j'ai constituée et coordonnée, plusieurs corpus importants relatifs à la numéracie de 18 à 65 ans ont été produits par l'INSEE sur plus de 10 000 personnes. Ces données inédites en France ont permis plusieurs découvertes : les différences de sexe en arithmétique perdurent à l'âge adulte (Fischer, Charron et Meljac, 2008), la prévalence de la dyscalculie dans la population française est beaucoup plus faible qu'attendue (Fischer et Charron, 2009), la numéracie se développe tout au long de la vie uniquement chez les bas niveaux d'études (Charron, Fischer et Meljac, 2008).

Il est ressorti cependant de mes nombreuses observations cliniques que les conduites adaptatives des individus changent selon la nature des enjeux qu'ils ressentent, c'est-à-dire selon ce qu'ils pensent, à tort ou à raison, pouvoir perdre ou gagner d'important à leurs yeux durant l'activité (Charron, 2003; Charron et al. 2005) : sentiment de compétence, mise dans un jeu mathématique, etc. Donc, durant une deuxième période, de nouveaux terrains écologiques pouvant confronter le sujet à de véritables enjeux facilement objectivables ont été investis. Mes recherches ont alors abordé, sous l'angle de l'ergonomie cognitive, les situations dynamiques – celles dans lesquelles les changements ne proviennent pas uniquement des actions de l'opérateur – au travers d'activités à risques : déplacements piétons, ski alpin, conduite automobile. Pendant 10 ans, avec une visée toujours fortement applicative (formation, prévention, rééducation), l'idée a été d'explorer de façon systématique les effets des enjeux, tant sur la sélection des conduites, que sur le développement ou sur le contrôle cognitif. Ces travaux ont été conduits de 2002 à 2011 d'abord au CRPCC, en lien avec les recherches de Marie-Axelle Granié (de l'INRETS), puis en délégation et en détachement à l'Institut de Recherche en Communications et Cybernétique de Nantes (IRCCyN), en étroite collaboration avec Jean-Michel Hoc, Isabelle Milleville et Franck Mars¹.

Comme, en pratique, l'individu ne reste que rarement seul lors des situations dynamiques et que les enjeux se construisent dans l'interaction avec autrui (par exemple le piéton, le skieur ou le conducteur interagissent avec de nombreux autres agents présents dans le même environnement), durant la troisième période, qui se poursuit encore de nos jours, mes recherches se sont peu à peu

1. Je remercie vivement les étudiants qui ont directement contribué à la réalisation de ce programme de recherche : Aurélie Festoc, Aurélie Hairo, Elise Jouanne, Fanny Lehuger, Lucie Lerat, Anne-Claire Petibon, Stéphanie Rivière, Nadine Samson, de l'Université Rennes 2, pour tous les recueils sur les piétons, et Sylvie Jeancennelle, de Paris V, pour la recherche sur le ski-alpin. Merci également à Jean-Michel Hoc, Franck Mars, Isabelle Milleville, chercheurs à l'IRCCyN, et Mathieu Deroo doctorant à l'IRCCyN avec qui j'ai réalisé en commun certaines de mes recherches sur la conduite automobile. Un remerciement également à Nicolas Guéguen, de l'Université Bretagne Sud, dont les échanges fructueux ont facilité l'aboutissement de plusieurs travaux et à Michel Récopé de l'Université Blaise Pascal de Clermont-Ferrand dont les discussions passionnantes ont été à l'origine des questions traitées ici. Enfin, les travaux exposés ici doivent beaucoup aux échanges scientifiques qui ont eu lieu de 2008 à 2011 au sein du GDR Psycho-Ergo 3169 du CNRS.

élargies aux activités coopératives homme-machine et hommes-hommes. J'ai alors pleinement intégré l'IRCCyN, laboratoire spécialisé notamment dans la modélisation de telles interactions. Les activités dynamiques étudiées ont été essentiellement le contrôle partagé (conduite automobile) et les interventions de sapeurs-pompiers. C'est l'adaptation du système coopératif lui-même qui fut dès lors envisagée, en inter-disciplinarité avec les sciences de l'ingénieur (par exemple la théorie du contrôle en automatique, les systèmes dynamiques non linéaires en traitement du signal), le contrôle cognitif étant distribué entre les agents et les contextes, de même que le développement. Ce n'est donc plus le sujet que je tente à présent de comprendre et de modéliser mais bien l'interaction sujets-contextes.

C'est sans doute cette prise de distance avec mon objet initial d'étude, l'individu, qui m'a permis de voir que les enjeux ne forment pas une dimension psychologique aussi marginale qu'il y paraissait de prime abord. En effet, alors qu'il n'est jamais fait état de cette dimension dans les manuels ou dans les ouvrages de synthèse sur le développement – du moins sous la forme retenue ici – les enjeux ont toujours eu des effets prépondérants, dans les recueils de données que j'ai menés durant la deuxième période. Il m'a donc paru intéressant de dresser un bilan de ces travaux². Tel est l'objet du présent document. La question posée est : quelle place tiennent donc les enjeux dans l'adaptation et dans le développement ?

2. De ce fait, certaines de nos recherches publiées durant les première et troisième périodes ne sont donc pas abordées ni citées dans ce volume.

Introduction générale : adaptation, développement et enjeux

Adaptation et développement sont des notions très proches car elles renvoient toutes les deux à des lois psychologiques de finalité. Cependant, elles diffèrent entre elles sur ce qu'elles disent des changements mentaux qui s'opèrent chez la personne. Il convient donc de bien les définir, à la fois pour mieux comprendre leurs liens et leurs différences mais aussi pour expliciter le paradoxe fondamental de ces concepts. Ce paradoxe tient au fait que ces processus que l'on pense *a priori* favorables ont parfois intrinsèquement un dessein très peu compatible avec une issue désirable. En réponse au moins partielle à ce problème, l'idée sous-jacente aux travaux exposés dans cet écrit est la suivante. Ce que les individus pensent, à tort ou à raison, pouvoir perdre ou gagner d'important à leurs yeux durant l'action, autrement dit ce que nous appellerons plus loin les enjeux, peut clairement orienter l'adaptation, voire le développement, et ce parfois même à l'encontre de ce que la norme sociale estime être bon et souhaitable pour la personne ou son milieu.

L'adaptation

Comme processus ou comme résultat

Les dictionnaires définissent l'adaptation comme appliquer, ajuster quelque chose à autre chose, ou encore comme le processus de modification d'un objet, d'un organisme vivant ou d'une organisation humaine de façon à rester fonctionnel dans de nouvelles conditions. On perçoit aisément ici que ce qui est évoqué en filigrane c'est l'idée de changement face à une modification du milieu pour répondre au maintien d'une fonction ou répondre à une finalité. Ce constat nous avait conduit, il y a quelques années, à définir l'adaptation comme des "*processus de transformation physique ou psychologique de l'individu en fonction du milieu qui, en règle générale, produit un accroissement des échanges entre le milieu et l'individu*" (Charron, Dumet, Guéguen, Lieury, Rusinek, 2007, p.1). On utilise également le terme d'adaptation pour désigner le résultat de ces processus. La question est de savoir quel en est le dessein.

Selon le point de vue adopté et comme nous le verrons plus loin, les échanges entre l'individu et le milieu doivent être favorables soit à la conservation et la préservation de l'individu (adaptation biologique), soit aux exigences du monde physique et social (adaptation au milieu) soit encore aux finalités véritablement poursuivies par le sujet (adaptation intentionnelle) (Charron *et al.* 2007). Or, ces trois critères ne sont pas nécessairement compatibles entre eux. En pratique, il est facile de trouver des exemples qui montrent qu'une des visées peut être privilégiée au détriment des autres. Ce peut être le cas du salarié zélé qui, pour répondre aux attentes professionnelles (adaptation au milieu), travaille sans compter ses efforts jusqu'à s'épuiser totalement (ce qui n'est guère favorable à la conservation biologique). A propos de la conduite de systèmes à risques (centrale nucléaire, pilotage d'avion...), les travaux d'Amalberti (Amalberti, 1996) ont montré que les opérateurs doivent souvent faire des arbitrages entre viser un niveau maximal de performance en termes d'objectifs économiques et de sécurité (adaptation au milieu) et éviter de s'épuiser (adaptation biologique) sans compter que, parfois, la poursuite de causes issues de la sphère de la vie privée peut aussi interférer (adaptation intentionnelle) avec l'activité principale. L'individu fait des choix ou, à tout le moins, il agit comme s'il en faisait. Quel est donc le ressort de ces choix ? Pour répondre à la question, on peut prendre comme point de départ les vues de Piaget sur l'adaptation parce qu'elles ont été fondatrices pour la psychologie.

Plusieurs conceptions qui obligent au relativisme des points de vue

Piaget (1936, 1947, 1974, 1975) est sans doute un des premiers auteurs à avoir explicitement théorisé le lien entre adaptation et intelligence. Mais, curieusement, il n'a jamais totalement répondu à la question et ses réponses ont sensiblement varié au cours du temps. Il considère l'intelligence comme une forme évoluée de l'adaptation biologique. L'adaptation en tant que processus³, consiste pour lui en une recherche permanente d'équilibre entre deux mécanismes indissociables et complémentaires. Le premier permet, par une succession d'actions (déployées à l'extérieur ou intériorisées en pensées), d'incorporer aux structures existantes de la pensée de nouveaux objets ou événements. C'est l'assimilation (Charron *et al.*, 2007). Le second modifie, sous l'effet des pressions exercées par le milieu, les structures existantes de la pensée, lorsque celles-ci s'avèrent inopérantes dans une situation donnée. C'est l'accommodation (Charron *et al.*, 2007). Il y a adaptation (en tant que résultat) lorsqu'un équilibre est momentanément trouvé; et, en termes piagétiens, l'équilibre est l'accord de la pensée avec elle-même ou avec les choses. Toute la question réside dans ce que l'on entend par accord.

Or, à ce sujet, Piaget diffère selon les époques où il a écrit. On peut distinguer au moins trois Piaget (Charron, 1999). Le premier est celui de l'adap-

3. La distinction entre adaptation comme processus ou adaptation comme résultat est de nous, pas de Piaget. Mais ils nous semble que l'on retrouve bien ces deux acceptions du terme dans les travaux de Piaget.

tation intentionnelle (pour reprendre le terme de Récopé, 1997) ou le Piaget de *la naissance de l'intelligence chez l'enfant* (Piaget, 1936) ou encore celui de *la psychologie de l'intelligence* (Piaget, 1947). Le deuxième est le Piaget de l'adaptation au milieu dont on trouve la synthèse dans *Adaptation vitale et psychologie de l'intelligence* (Piaget, 1974) ou encore dans *L'équilibration des structures cognitives* (Piaget, 1975). Le dernier, enfin, renvoie à ses travaux publiés après sa mort sur *Le possible et le nécessaire* (Piaget, 1981, 1983), sur *La logique des significations* (Piaget et Garcia, 1987) et sur les *Morphismes et catégories* (Piaget, Henriques et Ascher, 1990).

Arrêtons-nous en premier lieu sur le Piaget numéro deux qui caractérise la majeure partie de l'œuvre de cet auteur. Pour ce Piaget (1974, 1975), la recherche de cohérence repose sur le principe logique du tiers-exclu : une chose et son contraire ne peuvent pas être tenues pour vraies en même temps. Le déséquilibre est une contradiction existant au sein de la pensée, que l'on appelle conflit cognitif. Ce désaccord interne tient soit au fait que le monde ne se conforme pas à ce que l'on en attendait ou soit au fait que sont admises en même temps deux idées antagonistes. Les efforts de la pensée pour lever la contradiction forment alors l'équilibration. C'est en cela que consiste la recherche d'accord, pour ce Piaget numéro deux. L'équilibration prend appui sur des formes de transformation de la pensée organisées en totalités fermées et auto-régulées, appelées structures logiques (Piaget, 1968). La logique constituant pour Piaget l'axiomatique des états d'équilibre de la pensée, les choix adaptatifs à terme sont également rationnels selon lui. L'équilibration conduit ainsi au progrès de la connaissance de l'individu, c'est-à-dire à une transformation cognitive majorante. A ce titre, l'adaptation est pour Piaget un facteur majeur du développement, sans doute avant l'activité propre de l'individu ou la maturation biologique et très certainement avant les échanges sociaux.

Le caractère fermé des structures logiques sous-jacentes à l'équilibration s'estompe voire disparaît dans le Piaget numéro trois. Ce qui prime ce sont les opérations de mises en relations, les *morphismes* (Piaget *et al.* 1990), les *significations* que les individus construisent à partir de ce qu'ils pensent pouvoir faire avec les objets (Piaget et Garcia, 1987) et les croyances, justes ou fausses, quant à ce qu'il est *possible* et *nécessaire* de faire pour résoudre un problème donné (Piaget, 1981, 1983). Implicitement, l'adaptation apparaît comme une fonction qui tend, de façon contrainte par les possibilités offertes par les opérations de pensée et les croyances, vers la résolution d'un problème.

Mais ce qui constitue un problème pour l'individu n'est véritablement formulé que par le Piaget de la première époque (Récopé, 1997). Pour ce Piaget (1936, 1947), qui se réfère à Claparède, l'individu n'agit que s'il éprouve un besoin, c'est-à-dire s'il ressent un déséquilibre entre le milieu et l'organisme. L'adaptation est alors la velléité à réduire cette instabilité. Dès que l'enfant dépasse le niveau des activités corporelles simples (sucrer, écouter, émettre des sons, regarder et prendre) l'adaptation devient intentionnelle (Piaget, 1936). L'adaptation repose alors sur un sentiment qui dirige la conduite en attribuant une valeur à ses fins. L'énergétique de l'activité provient des affects, des émotions qui fixent le but⁴. L'intelligence se borne à fournir les moyens et elle

4. Cette thèse de l'orientation de l'activité par l'état affectif reposait au départ sur des considérations philosophiques, sur des analyses phénoménologiques de l'activité ou encore

donne aussi une compréhension des buts et des fins. L'intention, quant à elle, est la conscience de la direction de l'acte. Elle entraîne des hiérarchies momentanées entre des fins et des moyens. Quoique distinctes, la vie affective et la vie cognitive sont inséparables. Tout échange avec le milieu repose alors sur une structuration des objets externes et internes par la pensée et une valorisation qui est à concevoir comme un jeu d'opérations affectives, donc énergétiques portant sur des valeurs supérieures.

La référence aux Piaget des deux dernières périodes est intéressante pour le pédagogue et l'ergonome qui manipulent le milieu pour conduire l'apprenant, à l'aide d'un jeu subtil de contraintes, à construire par lui-même un cheminement conceptuel ; mais le recours au Piaget de la première période reste indispensable pour identifier les orientations prises par les processus d'assimilation et d'accommodation ou pour différencier l'apprenant qui mobilise ses ressources pour apprendre de celui qui ne le fait pas (Charron, 1999). Ce Piaget de la première période est d'ailleurs incontestablement celui qui rend le mieux compte de nos observations cliniques sur les apprentissages numériques. A maintes reprises, nous avons en effet constaté qu'il ne pouvait y avoir d'apprentissage mathématique véritable que si l'objet conceptualisé apportait une réponse à un problème par lequel l'enfant se sentait véritablement concerné (voir par exemple les cas rapportés dans Charron *et al.*, 2005). Pour autant, est-ce que le fait de répondre à son besoin propre amène nécessairement l'individu à s'adapter à son milieu et, dans le même temps, à tendre vers la conservation biologique ?

Cela apparaît moins que probable. Sans prétendre à l'exhaustivité, quelques arguments suffisent à le montrer. Les travaux sur les forces internes ou externes, que l'on appellera motivation d'après la définition empruntée à Vallerand et Thill (1993), qui produisent chez l'individu le déclenchement, l'orientation, l'intensité et la persistance d'un comportement, sont fort nombreux (Fenouillet, 2003). Même s'il serait vain de chercher à les synthétiser car ils utilisent parfois des cadres théoriques très différents entre eux (Fenouillet, 2003), ils révèlent cependant que les ressorts motivationnels d'une même personne peuvent être multiples et faire l'objet de dilemmes. La théorie de jeux a d'ailleurs montré qu'en l'absence d'information complète sur les possibilités et les intentions des autres joueurs (comme dans le célèbre dilemme du prisonnier), le joueur peut se retrouver à devoir trancher entre une option optimale pour tous mais très risquée pour soi en cas de non coopération des autres et une option moins risquée pour soi mais très pénalisante pour tous. L'exemple évoqué plus haut concernant le salarié qui a le choix entre préserver ses ressources (ce qui peut être dans certains cas très pénalisant pour la survie économique de la firme) et satisfaire les exigences du milieu (ce qui peut être très risqué pour soi en cas

sur des observations cliniques. Elle est aujourd'hui confirmée par de nombreux travaux en psychologie expérimentale (Cahours et Lancry, 2011). Souvent, on distingue dans les états affectifs, les sentiments, les émotions et l'humeur (Raufaste, Daurat, Mélan et Ribert-Van De Weerd, 2004). Cependant, une métonymie usuelle, que nous reprenons à notre compte, consiste à désigner par le terme générique émotion l'ensemble des états affectifs. On entend donc ici par émotion un fait psychologique associé à des sensations de plaisir ou de déplaisir, accompagnées de manifestations physiologiques, cognitives et expressives. Pour une définition plus détaillée, on peut se référer à la synthèse de Scherer (2005). On gardera simplement à l'esprit que le concept d'émotion reste encore un construit théorique controversé et en débat (Scherer, 2005 ; Russel, 2003).

d'absence de réciprocité de l'entreprise) constitue une illustration écologique d'un pareil dilemme.

Un autre exemple de contradiction de la pensée concerne les états d'excitation et de tensions internes qui font tendre l'organisme vers un but et que l'approche psychodynamique nomme pulsion (Laplanche et Pontalis, 1992, Charron *et al.*, 2007). Freud (1920) a en effet postulé l'existence chez toute personne d'un dualisme interne entre deux pulsions antagonistes. L'une, la pulsion de vie est favorable à l'autoconservation et l'autre, la pulsion de mort tend au contraire à la réduction complète des tensions quitte à ramener l'être vivant à l'état anorganique. Même si l'économie interne des pulsions trouve des formulations variées au sein des travaux en psychanalyse (Laplanche et Pontalis, 1992), on admet aujourd'hui dans cette discipline que la déliaison ou la désinhibition des pulsions de vie et de mort peut amener l'individu à commettre des actes en accord avec la pulsion dominante mais, dans le même temps, peu favorables à sa conservation biologique.

Notre dernier exemple, malheureusement d'actualité à l'heure où nous écrivons ces lignes, est donné par les travaux du sociologue Bronner (2016) sur la genèse de la pensée extrême. Les enquêtes de cet auteur, qui prennent très largement appui sur les travaux de la psychologie, montrent que la recherche de cohérence au sein de la pensée (résolution de conflits cognitifs), par les mêmes mécanismes que ceux qui permettent à l'intelligence d'être efficace, peut conduire des individus ordinaires à adhérer de façon inconditionnelle à un système cohérent, mais faux, de croyances radicales qui poussent éventuellement au crime. Bien que momentanément en état d'adaptation intentionnelle, c'est-à-dire en accord avec leur propre projet et système de croyances, ces personnes radicalisées peuvent se trouver en situation de désadaptation complète au milieu social dominant et même clairement en situation de désadaptation du point de vue biologique lorsqu'elles commettent des attentats suicides.

Des quelques considérations qui précèdent et pour tâcher de prolonger la réflexion piagétienne, on peut tirer trois remarques. D'abord, ce que le psychologue dira quant au bien fondé ou non d'un processus d'adaptation n'est en rien un jugement valable dans l'absolu. Ce sera toujours un avis relatif au critère retenu, autrement dit une appréciation qui dépendra de la conformité des processus soit à la conservation biologique, soit à la réalité et aux attentes du milieu, soit encore au projet intentionnel de la personne ; les trois critères – c'est là tout le paradoxe de l'adaptation – n'étant pas nécessairement possibles à satisfaire en même temps. La deuxième idée est que les processus d'adaptation sont bien des tentatives qui visent la cohérence d'après ces mêmes critères et qui, pour un même individu, peuvent être multiples, subjectifs et susceptibles de changer. Toutefois, en aucun cas, ces processus ne garantissent le succès, c'est-à-dire l'accord du réel au(x) critère(s) retenu(s). En effet, la notion de tentative est indissociable de celle d'erreur (Reason, 1990), c'est-à-dire de décalage entre l'effet recherché et le résultat obtenu. En troisième et dernier lieu, dans certaines situations, face à des exigences antagonistes ou à une trop forte adversité du milieu, l'individu peut être obligé d'essayer de définir ou de re-définir ce qu'il estime être souhaitable ou seulement préférable à un moment donné.

Ceci nous conduit donc à préciser la définition de l'adaptation. En prérequis, l'individu étant souvent directement concerné par les conséquences de ses

choix, il peut être judicieux de considérer qu'une situation, selon la définition de Hoc (1988), est un système individu-environnement et donc que l'individu fait partie de la situation. En tant que processus, l'adaptation peut être alors décrite comme un ensemble de mécanismes d'installation et de réactualisation des échanges entre les individus et leur milieu dans le but d'obtenir, de maintenir ou de rétablir un état souhaitable de la situation. En tant que résultat, l'adaptation est le produit de l'activité, apprécié en terme d'adéquation entre les résultats recherchés (selon le point de vue retenu) et ceux réellement obtenus.

Quelques processus de l'adaptation et les variations psychologiques afférentes

On comprend alors aisément que les mécanismes d'adaptation portent soit sur la manière de concevoir une action, de s'y préparer et éventuellement de la réaliser pour une problématique donnée, soit sur la façon d'interpréter le réel et de le problématiser, les deux étant intrinsèquement liés, compte-tenu de la définition de l'adaptation que nous avons dégagée. Sans tous les lister, on peut évoquer quelques processus d'adaptation.

Pour Piaget (1975), sur le plan comportemental, l'adaptation se manifeste par une reprise modifiée de l'action (qui peut être externe ou intériorisée) appelée régulation. Ces régulations peuvent différer selon leur degré d'efficacité. La moins efficace de toutes correspond à des persévérations de l'action en niant ce qui perturbe ou entrave la bonne réussite de l'activité (Piaget a appelé cela un "refoulement cognitif"). Ce sont les régulations Alpha (α). Ensuite viennent les régulations par tâtonnements successifs entre essais réussis et erreurs. Il s'agit des régulations Bêta (β). Ensuite, on trouve la forme la plus évoluée des régulations, la régulation Gamma (γ), qui réside dans l'anticipation et la compréhension de la perturbation et qui conduit à la mise en place d'un plan d'action, sans avoir à passer par des phases successives d'essais-erreurs. Cette typologie, qui a été mise en évidence à partir de l'analyse clinique de conduites individuelles (Piaget, 1975), s'avère féconde aussi pour prédire de manière statistique l'efficacité des équipes au sein d'activités collectives (Jouanne, Charron, Morel et Chauvin, 2014 et à paraître).

On trouve bien d'autres descriptions des régulations dans la littérature (pour certaines d'entre elles, voir Allal, 2007; Coulet, 2014 et Leplat, 2006). Par exemple, Rasmussen (1986) décrit des régulations qui portent sur des routines ("skills", actions réalisées sans contrôle conscient), sur des règles ("rules") ou encore sur des connaissances ("knowledge"). Les modifications des règles d'action sans affecter les connaissances sont appelées boucles courtes. Ces boucles s'opposent aux boucles longues qui, quant à elles, consistent à remanier les représentations mentales (Coulet, 2011) occurrentes (qui portent sur la situation en cours) ou types (les connaissances et les croyances). D'ailleurs, pour la théorie de la conceptualisation (Vergnaud, 1990, 2009 et 2011) à laquelle Coulet (2011) se réfère, la représentation est une activité dynamique constitutive de l'adaptation considérée en tant que processus. La représentation, dont une des formes est le schème ou organisation invariante de l'activité pour une classe

de situations donnée, permet d'organiser et de réguler les perceptions comme les actions (Vergnaud, 2009). Les régulations peuvent être classées aussi selon l'origine de ce qui les sollicite interne (l'individu) *versus* externe (un pair, un formateur, le milieu social), ou selon leur caractère local (en réponse à une perturbation restreinte) *versus* global (en réponse à une perturbation majeure), ou encore d'après leur expression automatique *versus* contrôlée (Allal, 2007). Dans le cadre de la description architecturale des processus cognitifs, la régulation peut consister aussi à modifier la nature des traitements cognitifs (Hoc et Alamberti, 2007), les stratégies attentionnelles (Pascual-Leone, 1987; Houdé, 1995), ou les stratégies cognitives en vue de maximiser la performance (c'est le processus d'optimisation pour Baltes, Staudinger et Lindenberger, 1999). Quant au point de vue strictement moteur, l'adaptation est décrite aussi comme la mise à jour d'une sorte de carte mentale, baptisée modèle interne qui guide la réalisation d'un mouvement (Izawa, Rane, Donchin et Shadmehr, 2008; Mars, Charron et Deroo, 2014). Enfin, pour la psychologie sociale, l'équivalent de la notion piagétienne de conflit cognitif est la tension de l'individu dénommée dissonance cognitive qui résulte du fait d'avoir en même temps des opinions, croyances, connaissances, comportements... incompatibles entre elles/eux. La régulation (ou rééquilibration) consiste alors à tenter de dépasser cette contradiction en produisant de nouvelles connaissances, opinions, comportements... (Joulé et Beauvois, 1998; Charron *et al.*, 2007).

Parmi les processus d'adaptation, on trouve également les changements cognitifs constants ainsi que les efforts comportementaux pour gérer une demande spécifique interne ou externe qui est jugée par l'individu comme coûteuse ou excédant ses ressources, le coping (Lazarus et Folkman, 1984). Le coping peut porter soit sur la gestion des émotions soit sur la résolution du problème (Lazarus et Folkman, 1984). Pour résoudre le problème ou pour réduire la difficulté de la tâche, le recours à davantage de ressources comme les aides externes, ce que Baltes *et al.* (1999) appelle compensation et Marquié et Isingrini nomment accommodation par les moyens (2001), comme un système sémiologique de support à la pensée (le langage, les représentations graphiques...), ou encore comme les aides sociales ou techniques (assistances) est également un processus d'adaptation.

Dans le domaine du travail, à partir de l'analyse de 1000 incidents critiques pour 21 métiers différents et d'une étude statistique conduite auprès de militaires, Pulakos et son équipe (Pulakos, Arad, Donovan et Plamondon, 2000; Pulakos, Schmitt, Dorsey, Arad, Hedge et Borman, 2002) ont dressé une typologie en huit catégories des processus adaptatifs qu'ils jugent déterminants pour la performance professionnelle : la résolution créative de problèmes, les ajustements permanents aux circonstances nouvelles et imprévisibles par des actions raisonnables, l'apprentissage de nouvelles tâches et de procédures en vue d'anticiper de futures nécessités professionnelles, des ajustements sociaux dans les relations interpersonnelles, l'apprentissage de nouvelles cultures, les ajustements à des variations de l'environnement physique (niveaux, sonore, climat, difficultés environnementales...), le fait de conserver son calme et de gérer la frustration en conditions stressantes, la réaction à des situations dangereuses et/ou à des menaces immédiates pour la vie.

En ce qui concerne les relations de coopération entre les membres d'une même équipe de travail, une synthèse de nombreux travaux empiriques (Salas,

Sims et Burke, 2005) montre que la reconnaissance d'écarts entre les actions et les attentes ainsi que le réajustement des actions en conséquence provient directement de comportements de suppléance (qui consistent à fournir des ressources et des efforts pour la tâche d'un autre), de contrôles mutuels de la performance des uns et des autres, d'une disposition intrinsèque de chacun des membres du groupe à travailler de manière générale en équipe, ainsi que d'un leadership qui favorise la définition des objectifs, la coordination et la résolution des problèmes. En outre, ce travail en équipe est favorisé par des processus permanents de construction, de mise à jour, de partage de représentations mentales de la situation (appelées modèles mentaux partagés), de boucles fermées de communication (l'émetteur initie un message, le récepteur recevant le message l'interprète et accuse réception du message et, pour finir, l'émetteur s'assure que le message visé ait effectivement été reçu), et l'établissement de liens de confiance interpersonnelle (Salas, Sims et Burke, 2005). En ce qui concerne les collectifs, de nombreuses régulations décrites au niveau intra-individuel se transposent aisément aux fonctionnements des groupes (Leplat, 2006).

Lorsque l'activité de individu est ainsi analysée dans son interaction avec le milieu physique ou social, il y a en permanence une double régulation (Leplat, 1997, 2006; Rogalski, 2004) : la relation entre l'individu et le milieu modifie l'activité; en retour, les résultats et les effets de l'activité modifient l'état respectivement du milieu et de l'individu et donc les données du problème voire le problème lui-même qui se pose pour l'individu. La mise à jour en cours d'activité des modèles mentaux partagés, ou la modification de la hiérarchie de priorités au niveau intentionnel sont des conséquences possibles de la double régulation. Ce sont des formes de reprises modifiées de l'action qui concernent plus la façon de problématiser le réel que la résolution elle-même du problème. La façon d'établir et de redéfinir les objectifs est décrite de diverses façons.

Pour Amalberti (1996), il s'agit de modifier son compromis cognitif. Pour Hoc et Amalberti (2007), l'individu peut réviser en cours d'activité les critères de performance qu'il se donne, autrement dit sa performance acceptable. Pour Marquié et Isingrini (2001), il s'agit d'une transformation des objectifs et/ou du degré d'exigence pour chaque objectif retenu, appelée *accommodation* par les buts. Pour Baltes *et al.* (1999), il s'agit de sélectionner un ou plusieurs buts parmi plusieurs possibles en renonçant aux autres. Cette sélection peut être élective lorsqu'elle relève d'un choix délibéré de la personne ou au contraire liée à une perte qui oblige à un renoncement. La répétition du sentiment de ne pas pouvoir contrôler l'issue de son activité produit à terme un renoncement, l'incapacité apprise (Seligman, 1975; Maier et Seligman 1976; Ric, 1996). Au contraire, le développement du sentiment de pouvoir maîtriser au moins en partie le résultat de son activité (sentiment dit d'auto-efficacité) peut être générateur d'objectifs personnels nouveaux (Bandura, 1997, 2003; Forgeard et Seligman, 2012; Seligman, 1990).

Les processus de régulation très brièvement décrits supposent tous implicitement ou explicitement que chaque individu fait une sorte d'état des lieux permanent⁵ de la situation et de ses conséquences, notamment pour lui, fût-il

5. On trouvera dans Varela, Thompson et Rosch (1993) une analyse critique des différents paradigmes théoriques des sciences cognitives sur la façon dont l'individu donne sens aux informations de son environnement ou, selon les postulats adoptés, fait émerger des significations.

partiel, incomplet ou biaisé. Dans le champ de l'étude des émotions, de nombreux travaux postulent que les états affectifs sont essentiellement générés par un processus d'appréciation ("appraisal") de la situation par le sujet, en fonction du sens qu'il lui attribue et de ses dispositions motivationnelles liées à son histoire passée (préoccupations, "concerns"), l'idée étant que les personnes évaluent constamment leur relation à l'environnement en termes d'implication pour leur bien-être (Cahour et Lancry, 2011). En psychologie du développement, on trouve une idée relativement proche dans les travaux de Pascual-Leone (1988). Cet auteur postule l'existence d'un opérateur de champ qui entre continuellement en résonance avec la situation. Cet opérateur préactive de façon immédiate et automatique des schèmes (ou structures de la pensée), affectifs (émotions), figuratifs (servant à comprendre le monde), opératifs (servant à agir) et personnels (relevant de styles cognitifs personnels comme la dépendance ou l'indépendance à l'égard du champ) à partir desquels les fonctions exécutives (mécanismes de tri par activation et inhibition et d'organisation des buts et des sous-buts) peuvent opérer. Mais c'est chez Leontiev (Leontiev, 1975 cité par Leplat, 2006) que l'on trouve une structure hiérarchique dans la façon de problématiser le réel. L'activité est définie par son motif (les besoins à satisfaire), l'action par son but conscient et les opérations par les moyens utilisés conditionnés par le contexte. Le sens est donné par le rapport entre le but et le motif (Leontiev, 1972). La société fournit un monde extérieur auquel l'individu doit s'adapter pour survivre. L'activité est alors façonnée par les échecs et les réussites de l'adaptation. Les motifs, qui ne sont pas nécessairement conscients, de même que les moyens des actions sont fournis par les conditions sociales⁶ (Leontiev, 1972). Une fois le but fixé, dans le champ de la psychologie du travail, de l'ergonomie ou encore de l'étude des facteurs humains, les recherches se réfèrent souvent à la notion de conscience qu'ont les personnes de la situation ("situation awareness", Endsley et Garland, 2000). Pour les travaux de cette approche, la conscience de la situation renvoie à la perception ou la prise en compte des éléments importants de l'environnement, la compréhension de leurs significations et la projection de leur état et de leurs conséquences possibles dans un futur proche (Wickens, 2008).

Au travers de tous les exemples énumérés, on peut voir que les processus d'adaptation, quels qu'ils soient, relèvent tous de changements psychologiques, plus précisément de variations dynamiques de la pensée au cours du temps avec, éventuellement, des modifications des affects et des émotions, le tout, naturellement, en lien avec les changements réels ou supposés du milieu et de la situation.

Toutefois, ces mutations psychologiques ne sont pas nécessairement toutes durables. Certains changements adaptatifs comme les choix particuliers de comportements, de stratégies ou les changements attentionnels ou affectifs sont purement éphémères et réversibles. D'autres, au contraire, modifient de façon permanente la personne. C'est le cas des régulations en boucles courtes et longues, de la mise à jour des modèles internes ou des modèles mentaux partagés, de l'installation des sentiments de confiance, des ajustements de personnalité *etc.* Les changements psychologiques stables qui surviennent au cours

6. Nous reviendrons sur ce point en conclusion de ce manuscrit à propos des rapports sociaux historiquement situés qui créent des enjeux.

du temps forment le développement, pas les modifications psychologiques passagères. Le développement psychologique peut donc être une conséquence de l'adaptation. Mais il peut aussi en être une des modalités, par exemple lorsqu'un conducteur âgé décide de se réentraîner à la conduite automobile pour développer ses capacités et mieux faire face aux aléas de la route (Gabaude, Motak, Marquié, 2010). Enfin, à un instant donné, c'est le résultat du développement psychologique passé qui fournit à l'adaptation à la fois ses ressources et ses contraintes (structures de la pensée, compétences, architecture cognitive, traits de personnalité, émotions, capacités perceptives et motrices...).

Le développement

Telle est donc, en substance, la définition du développement et son lien à l'adaptation. Néanmoins, un dépliage s'impose, d'une part pour lever quelques malentendus encore trop fréquents conduisant à des usages étriqués de la notion de développement et, d'autre part, pour expliciter la question relative à l'orientation du développement.

De la croyance aux changements ordonnés et majorants à l'explosion des métaphores pour broser la complexité des changements

Pour commencer, le terme développement est lui-même trompeur. Il évoque au premier chef l'idée d'accroissement et de progrès, bien avant celle d'évolution (CRISCO, 2016), plus neutre quant à l'orientation positive ou négative des transformations (cette dernière expression est d'ailleurs celle qui a été retenue par Wallon, 1941). Le plus souvent, un niveau de développement est conçu comme un écart existant entre la capacité ou la compétence attribuée au sujet à un âge donné et une référence, constituée du savoir de l'expert et/ou des capacités physiologiques qui peuvent être observées ordinairement au même âge ou à un âge adulte dont on pense qu'il correspond au faite du développement (Charron, 2003). Or, comme on a longtemps cru que les écarts relevés entre la référence et les compétences du sujet suivaient *grosso modo* au cours de la vie une trajectoire parabolique avec une phase ascendante, un apogée puis un déclin⁷, la psychologie du développement a souvent été confondue à tort

7. On trouve déjà des traces de cette idée dans les travaux d'Adolphe Quetelet (1835). En étudiant les qualités et les habiletés humaines au long de la vie, cet auteur a produit une analyse de la dynamique entre le développement individuel et le développement historique, avec des preuves quantitatives fort nombreuses. C'était novateur à l'époque pour les sciences sociales. Les tests psychologiques n'existaient pas encore. Aussi, pour étudier le développement de l'intelligence, Quetelet s'est basé sur une des manifestations visibles de la pensée : la production d'œuvres littéraires. Et, en comptant le nombre d'ouvrages publiés par leurs auteurs en fonction de l'âge, il a fini par conclure que "nos facultés intellectuelles naissent, croissent et dépérissent ; chacune atteint son maximum d'énergie vers une certaine époque de la vie" (p. 119).

avec celles traitant du bébé, de l'enfant et de l'adolescent, âges de la vie très largement concernés par des progrès (Charron, 2003).

D'ailleurs, les premières théories majeures du développement (celles de Freud (voir le recueil de textes publié en 1969), de Piaget, 1947; de Vygotski, 1934; de Wallon, 1941, 1942; et de Gesell, 1949, 1959), puis celles qui leur ont rapidement succédé (Pascual-Leone, 1987, 1988; Case, 1991, Demetriou, 1988; Halford, 1988, Siegler, 1989) avaient décrit l'évolution psychologique de l'individu comme une succession de stades, d'étapes ordonnées, majorantes, identiques pour tous et survenant à des périodes déterminées jusque l'âge adulte. D'autres auteurs, comme Bühler (en 1932 en Autriche, puis U.S.A) ou Erikson (en 1959 aux U.S.A), moins souvent cités, ont également décrit des stades de développement mais cette fois pour tous les âges de la vie (Deleau, 2006).

Cependant, dès les années 70, d'autres chercheurs (Vergnaud et Durand, 1976), tout en s'appuyant dans leurs travaux sur les stades piagétiens du développement, ne les considèrent plus de fait comme des étapes rigides mais plutôt comme un ordre partiel dans le développement. Les faits expérimentaux accumulés depuis (Baltes et Brim, 1984; Baltes, Staudinger et Lindenberger, 1999) ont d'ailleurs peu à peu mis à mal les conceptions d'un développement psychologique totalement hiérarchisé par l'âge. En effet, il y a de nombreuses composantes psychologiques dans le développement. Elles concernent différents domaines : la motricité, la perception, le langage, la cognition, la personnalité, la socialisation... (Charron *et al.*, 2007; Deleau, 2006). A une même fonction (ex. intelligence, perception, personnalité) contribuent différentes dimensions; et les changements dans ces différentes dimensions ne se font pas en synchronie (Deleau, 2006). De plus, l'âge des acquisitions de même que leur contenu peut varier selon les cultures et même les époques (voir par exemple l'effet Flynn qui consiste en une supériorité des scores obtenus à des tests cognitifs en faveur de la cohorte la plus récente, Charron, Meljac et Fischer, 2008). Si bien que, contrairement à l'intuition première des chercheurs, le développement ne dépend pas de l'âge mais de toute une série d'autres causes, appelées facteurs du développement, dont les effets se manifestent au cours du temps : les contraintes et processus biologiques (patrimoine génétique, la croissance, le vieillissement, l'hygiène de vie, activités physiques...), les interactions sociales et affectives, la culture, l'histoire, les formes langagières, l'activité propre des personnes... (Deleau, 2006; Thelen et Bates, 2003).

En deuxième lieu, le développement n'est pas du tout un enchaînement de progrès suivi d'une phase de maintien des acquis et d'une période de déclin. On trouve à tous les âges de la vie des gains et des pertes (Baltes, Staudinger, Lindenberger, 1999). Même dans le cas du développement de l'enfant ou de l'adolescent, éliminer certains acquis antérieurs s'avère être une précondition du développement (Houdé, 1995). Il existe aussi des transformations psychologiques qui consistent en une succession de changements qualitatifs (comme les changements d'opinions) impossibles à classer parmi les améliorations ou les reculs, faute d'une norme consensuelle pour en juger (Charron, 2003).

En troisième lieu, et c'est sans doute le corollaire du point précédent, le développement est souvent loin d'être homogène et régulier. Pour une fonction donnée, au plan intra-individuel, il y a des formes évolutives différentes selon les dimensions : des continuités et des discontinuités, des temps de progression, de stabilité, de déclin qui ne coïncident pas entre eux (Deleau 2006). Par exemple,

Karmiloff-Smith (Karmiloff-Smith, 1994 ; Troadec et Martinot, 2003) montre qu'il y a dans le développement cognitif une spécialisation à un domaine spécifique des capacités générales (c'est la modularisation) avec, simultanément, un mécanisme par lequel l'information implicite dans le système cognitif devient progressivement explicite à ce système (c'est la redescription représentationnelle). Dans le même temps, Vergnaud (Vergnaud, 1983, 1990, 2009 et 2011 ; Vergnaud et Durand, 1976) prouve d'une part que le développement effectif des compétences dans un domaine particulier ne peut se faire qu'au sein d'un réseau de concepts et de situations inter-reliés, appelé champ conceptuel, et, d'autre part, que plusieurs voies conceptuelles peuvent être empruntées dans cet ensemble. Les données longitudinales révèlent d'ailleurs que l'existence de différences inter-individuelles dans les trajectoires développementales constitue un trait universel du développement tout au long de la vie (Baltes, Staudinger, Lindenberger, 1999). Celles-ci, dans l'enfance et l'adolescence, ont des liens plus marqués avec l'âge chronologique qu'ultérieurement, du fait des interactions entre les facteurs biologiques de maturation et les facteurs de socialisation (ce qu'il convient d'acquérir par exemple à l'école en fonction de l'âge). Aux âges adultes, les différences inter-individuelles dans les trajectoires développementales s'accroissent parce que d'autres facteurs psychologiques et sociaux ont plus d'influence.

Pour décrire la forme des changements mentaux, la littérature a donc substitué aux modèles des stades d'autres images. L'idée commune à ces figures est que le développement n'est pas linéaire. Ces esquisses placent en abscisse le temps et en ordonnée le niveau de développement pour une dimension donnée. Par exemple, en utilisant des modèles de réponses à l'item, Dawson-Tunik, Commons, Wilson et Fischer (2005), trouvent au sein du développement conceptuel de la petite enfance à l'âge adulte un motif récurrent fait d'une série de poussées (accélération des acquis) et de plateaux (périodes de consolidation ou de stagnation). Pour la résolution d'additions simples, Siegler (Siegler, 1996, 2004 ; Shrager et Siegler, 1998), en mettant en relation le temps et la fréquence d'utilisation des stratégies, constate que les courbes d'utilisation des dites stratégies ressemblent à des vagues qui se chevauchent. Dans le domaine du développement cognitif, Houdé (1995) montre qu'au cours du développement peuvent régulièrement coexister à un âge donné des incompétences présumées résolues avec des compétences précoces. Ces conjonctions inattendues par les théories classiques des stades sont comparées à un mouchoir qui "se plie et se tord" (Houdé, 1995).

Les modèles connectionnistes du développement (Munakata et McClelland, 2003 ; Smith et Thelen, 2003 ; Thelen et Bates, 2003), quant à eux, reposent sur un réseau d'unités simples de traitement connectées entre elles qui représente une sorte de cerveau idéalisé (Smith et Samuelson, 2003). Au sein de ce réseau, certains nœuds sont activés par la situation. L'activation se propage de nœuds en nœuds de façon non-linéaire. De petits changements au cours du temps modifient peu à peu le poids des connections pouvant déboucher au final, parfois de façon soudaine, sur de franches modifications mentales et comportementales (Munakata et McClelland, 2003). Thelen et Smith (2007) ont recensé bien d'autres métaphores (comme celle du fer à cheval qui contraint l'espace des possibles au cours du temps, ou encore celle du ruisseau de montagne pour décrire le caractère tortueux des transformations) impossibles à toutes rap-

porter en peu de mots. Pour décrire la complexité, la multidimensionnalité et la multicausalité du développement et comme tous les auteurs des approches en systèmes dynamiques (dont Thelen et Smith, 2007, font partie), Van Geert (1994, 2003) a recours à des concepts mathématiques de topologie. Projetés sur un plan, les courbes du développement prennent des allures diverses, quasiment toujours non linéaires, tantôt avec des oscillations, parfois des changements réguliers, des régressions ou des irrégularités, à un point tel que la métaphore du chaos est évoquée pour dépeindre cet enchevêtrement. Même les changements qualitatifs se modélisent de la sorte (Spencer et Perone, 2008).

C'est cette position actuelle de la connaissance qui, par contraste avec la conception prototypique du développement, fait germer l'impression d'incohérence. D'un côté le terme évoque un processus finalisé et positif et de l'autre les faits montrent des évolutions hasardeuses, non pas sans aucun sens, mais sans principe directeur général explicite.

Pour éviter toute ambiguïté, on peut donc préciser la définition du développement psychologique, en complétant très légèrement celle que nous avons donnée plus haut. Il s'agit de transformations psychologiques stables d'un individu qui surviennent au cours du temps à tous les âges de la vie. Dans certains cas, au regard d'une norme de référence, ces transformations peuvent être qualifiées de progrès, de maintien ou de déclin. Dans d'autres cas, les transformations psychologiques constituent une évolution sans qu'il soit nécessairement possible de l'étiqueter en termes de gains ou de baisses (Charron *et al.*, 2007)⁸.

Des temporalités multiples avec différents degrés d'influence de l'intentionnalité

Derrière la complexité du développement psychologique, se cache la multiplicité de ses causes. Les modélisations en systèmes dynamiques ont montré, qu'avec des conditions développementales initiales identiques, de petites variations localisées de l'activité pouvaient parfois suffire à produire des issues développementales très différentes (Thelen et Smith, 2007). La raison en est simple. Avec les circonstances initiales au temps t , les propriétés de l'état mental particulier à l'instant $t+1$ va déterminer l'état au temps $t+2$, qui lui-même va influencer l'état suivant *ect.* (Thelen et Smith, 2007). Ce processus itératif peut ainsi mécaniquement déboucher sur de grosses différences parce que la

8. En outre, c'est la quête de réponses à des questions relatives à la compréhension des changements qui définit la psychologie du développement et non pas, comme on le croit généralement, quelques uns de ses domaines d'investigation (comme le bébé, l'enfant ou l'adolescent). Le plus souvent, ces questions portent sur les facteurs du développement, sur la nature des transformations psychologiques ou encore sur la physionomie des évolutions temporelles, selon leur ordre éventuel et leur rythme (Charron, 2003). Pour traiter ces interrogations, dès lors que des changements mentaux durables peuvent être détectés, la psychologie du développement peut très bien s'intéresser aux troubles et aux dysfonctionnements psychologiques, au travail, aux facteurs humains ou à bien d'autres domaines encore, traditionnellement dévolus à d'autres sous-disciplines de la psychologie. D'ailleurs, beaucoup d'auteurs se réclamant d'autres branches de la psychologie, parce qu'ils abordent de front quelques unes de ces questions fondamentales, font, à notre avis, de la psychologie du développement, sans doute sans le savoir mais en tous les cas sans le dire.

combinaison des possibles est susceptible d'augmenter de façon exponentielle avec le temps.

Pour appréhender ce qui occasionne le développement, il y a donc plusieurs échelles de temps à considérer. Elles sont toutes emboîtées les unes dans les autres (Smith et Thelen, 2003). Il y a le temps de l'action et de ses effets immédiats, le temps des effets différés de l'action, le temps plus long de l'expérience et celui encore plus long du vieillissement (Rogalski et Marquié, 2004). L'expérience est définie, par Rogalski et Leplat (2009), comme ce qui est produit par la pratique, c'est-à-dire par la réalisation répétée des tâches sur un temps relativement long. Les expériences "sédimentées" sont centrées sur la répétition des tâches dans leur variabilité; les expériences "épisodeques" sur la singularité des situations rencontrées, des cas hors normes aux cas paradigmatiques (Rogalski et Leplat, 2009). Sans perte de généralité, on peut se limiter néanmoins à dissocier les innovations qui se produisent durant l'activité en cours et celles qui proviennent de la répétition des activités sur des périodes, allant de quelques itérations de l'activité à plusieurs années, sans qu'il soit nécessaire de poser des bornes temporelles intangibles. Les premières sont qualifiées de microvariations (Yan et Fischer, 2002) ou de microgenèses (Cellérier, 1987; Inhelder et Cellérier, 1992), les secondes sont appelées macrogenèses (Inhelder et Cellérier, 1992). Plusieurs des processus d'adaptation que nous avons décrits plus haut produisent des microgenèses. C'est le cas par exemple des boucles courtes et longues. La répétition de ces microgenèses constitue la macrogenèse.

De manière complémentaire et pour dégager une logique sous-jacente à la fois à l'adaptation et au développement, on peut classer les activités et aussi les changements psychologiques durables qui en découlent, selon le degré d'influence qu'ont dessus les intentionnalités de l'individu. Il y a trois cas de figure, non exclusifs les uns des autres. Ils concernent toutes les échelles de temps.

La première catégorie regroupe les transformations qui s'opèrent chez l'individu à son corps défendant, indépendamment de ses choix ou de son activité du moment, du fait tout simplement des contingences contextuelles sur lesquelles l'individu n'a que très peu ou pas de prise. On y trouve par exemple les apprentissages implicites produits par la simple exposition répétée à des régularités du contexte (Pascual-Leone, 1988; Perruchet, 1988). Il y aussi dedans des adaptations biologiques qui échappent pour partie au contrôle volontaire comme l'accommodation visuelle ou la mise à jour de modèles internes lors de la réalisation d'un mouvement. On peut placer également dans cette catégorie les accidents et tous les phénomènes d'usure comme les effets délétères sur la performance cognitive du stress chronique engendré par le travail posté (Marquié, Tucker, Folkard, Gentil et Ansiau, 2015).

Le deuxième ensemble regroupe les changements mentaux directement imputables aux activités de l'individu. En écho avec la situation, l'individu est aux prises avec des préoccupations profondes qui s'imposent à lui comme une nécessité vitale⁹, pas nécessairement de façon consciente, mais qui donnent les motifs de son activité. En fonction du contexte, l'individu définit alors des buts puis des actions et des moyens. L'adaptation, par le biais des différentes

9. Nous ferons plus loin l'hypothèse que cette nécessité vitale pour la personne, qui peut être paradoxale dans certaines situations, n'est pas forcément compatible à sa conservation biologique.

régulations, va produire en retour des changements psychologiques, parfois positifs et satisfaisants pour la personne, parfois pas. Dans ce deuxième cas de figure, l'individu ne cherche pas expressément à façonner son développement ou à infléchir ses élaborations psychologiques. Il cherche avant tout à atteindre ses buts pour répondre à ses besoins. Dans ce cas, la forme du développement n'est que la conséquence de la direction que prend l'activité. Naturellement, cet échange entre l'individu et son milieu dépend des contextes. Mais ces contextes sont parfois choisis par la personne au sein des possibilités offertes par le milieu (Baltes *et al.* 1999; Bronfenbrenner, 1994).

La dernière catégorie concerne les activités dans lesquelles le projet de la personne est de changer, de mûrir, d'apprendre. On y trouve les activités d'entraînement, les pratiques délibérées pour progresser, les réflexions sur soi, les apprentissages explicites qui mobilisent les fonctions exécutives. Les adaptations sont alors en grande partie finalisées par ces objectifs personnels de progrès. Le développement, pour peu que les conditions contextuelles et sociales le permettent, emprunte alors une direction infléchie par cette visée.

Naturellement, un tel projet peut être subordonné à une activité de la deuxième catégorie. Un exemple est donné par le rapport enquête accident du vol 96 du DC-10 d'American Airline qui eut lieu le 12 juin 1972, avec plusieurs dizaines de passagers à bord (NTSB, 1973). Au cours du trajet, une explosion sur la porte de la soute arrière de l'appareil provoqua rapidement la perte totale du contrôle des commandes de vol. L'avion devint impilotable. La vie de tous était en jeu. La situation imposait à l'équipage de tout faire pour sauver les passagers et eux-mêmes. Durant cette activité de survie, le commandant de bord et son copilote produisirent une microgenèse consistant en l'invention d'une façon originale de gouverner l'appareil à l'aide de la poussée différentielles des réacteurs. Ensuite, comme il y avait suffisamment de kérosène pour faire durer le vol, pour améliorer encore les chances de survie, le commandant de bord décida de s'exercer en vol, pour affiner son nouveau schème de pilotage. C'est ce qu'il fit et tous furent finalement sauvés.

L'agentivité

Le pouvoir qu'a l'individu d'influencer par ses décisions son devenir psychologique, que l'on nomme agentivité, a été montré par plusieurs auteurs (Baltes *et al.*, 1999; Bronfenbrenner, 1994; Elder, 1994, 1998) dont l'approche du développement peut être qualifiée de motivationnelle (Heckhausen, Wrosch et Schultz, 2010).

Elder (1994, 1998), en ré-analysant des données d'études longitudinales produites aux états-Unis à partir des années 1920, a montré qu'en fonction des circonstances historiques (par exemple la grande dépression de 1929) les choix individuels (comme de décider de prendre un travail pour les femmes) ont influencé les trajectoires développementales des personnes. Bronfenbrenner (1994), à l'aide de comparaisons historiques et interculturelles, a bâti une théorie bio-écologique du développement. Selon lui, l'individu est façonné par un ensemble de milieux emboîtés entre eux à l'image de poupées Russes, allant des contextes immédiats contenant la personne (appelés microsystèmes) aux sché-

mas directeurs de la société (le macro-système), en passant par les interrelations entre microsystèmes (mésosystèmes) et les milieux qui ne contiennent pas directement la personne (les exo-systèmes). Il y a une accommodation mutuelle entre l'individu et les milieux le contenant. Par ses choix, l'individu façonne les microsystèmes et, en retour, les microsystèmes transforment la personne. A l'échelle macrogénétique, c'est un processus comparable à celui de la double régulation (Leplat, 1997, 2006 ; Rogalski, 2004), mentionné plus haut et qui se rapporte à la microgenèse.

Enfin, avec leurs données longitudinales, Baltes *et al.* (1999) expliquent que les choix de l'individu sont au cœur des processus de l'adaptation. La sélection (S), l'optimisation (O) et la compensation (C) forment, tout au long de la vie, un triptyque (en bref SOC) structurant les trajectoires développementales (Baltes *et al.*, 1999). Schultz et Heckhausen (Schultz et Heckhausen, 1996 ; Heckhausen, Wrosch et Schultz, 2010) vont même jusqu'à postuler que les choix de la personne sont plus souvent tournés vers le contrôle du monde extérieur au milieu de la vie (contrôle primaire), alors qu'ils deviendraient de plus en plus souvent orientés vers la maîtrise de soi (contrôle secondaire) avec l'avancée en âge. Cependant, à propos de cette modification dans la prépondérance des motivations, les preuves empiriques avancées semblent encore ténues. Il n'est pas exclu que le phénomène évoqué soit plus un fait sociologique et culturel qu'une loi psychologique universelle.

Toujours est-il que l'agentivité est un trait commun à l'adaptation et au développement. Il reste à savoir de quelle manière opérationnaliser les déterminants de l'agentivité, pour comprendre comment elle pousse l'adaptation et le développement à emprunter parfois une voie opposée au désirable, pour le moins du point de vue biologique ou celui des attentes du milieu.

Les enjeux

Le principe de parcimonie (dit du rasoir d'Occam) commande de ne retenir, à qualité d'explication égale, qu'un nombre aussi faible que possible d'éléments, pour rendre compte d'une réalité. Dans cet esprit, les enjeux sont un construit théorique que nous formons pour résumer, de façon exploitable, synthétique et aussi minimale que possible, la résultante de processus biologiques, énergétiques, multidimensionnels, socialement et historiquement situés, complexes et pas nécessairement conscients, susceptibles de fournir le motif de l'activité dans une situation donnée. Parce qu'elles créent de nombreuses occasions de changements mentaux, les situations dynamiques offrent un cadre naturel pour l'étude conjointe de l'adaptation et du développement. Or, le risque est une de leurs caractéristiques communes. L'exposé des traits essentiels du risque permet de définir ce que sont, du point de vue psychologique, ces enjeux.

Les situations dynamiques

Quand on se réfère à la définition de situation telle que donnée plus haut et qui, on le rappelle, considère l'individu comme partie intégrante, on peut classer les situations en deux catégories, selon qu'elles sont statiques ou dynamiques (Hoc, 1993 ; Hoc, Cacciabue et Hollnagel, 1995). Il s'agit d'une typologie qui est définie à partir du point de vue subjectif de la personne.

Dans une situation statique, l'opérateur humain contrôle entièrement les changements car c'est lui qui les opère par ses propres actions, sans autre intervention. Ainsi, un texte reste inchangé sur un éditeur de texte tant que l'utilisateur n'a pas tapé une commande. En revanche, dans une situation dynamique, les changements ne proviennent pas uniquement des actions de l'opérateur. D'autres facteurs sont à l'œuvre comme des processus techniques ou environnementaux relativement autonomes. Par exemple, l'ordre de barre que donne un officier de passerelle ne détermine qu'en partie la trajectoire de son navire. Ce mouvement dépend également du vent, des courants ainsi que de l'inertie du bâtiment.

À l'origine, les situations dynamiques ont été identifiées en ergonomie comme des situations de contrôle de processus, avec une référence majeure à l'industrie (ex. centrales nucléaires, hauts fourneaux, *etc.*) et dans des industries où se développait l'automatisation de la fabrication (Edwards et Lees, 1974). Ensuite, ont été incorporées à cet ensemble des situations hors de l'industrie comme par exemple la supervision de mobiles, eux aussi automatisés (ex. aéronautique, Sarter et Amalberti, 2000) ou encore la gestion de crise au sein d'une institution confrontée à un risque (ex. incendie, catastrophe industrielle...) aux conséquences humaines, matérielles et environnementales potentiellement importantes (ex. les pompiers, Rogalski et Antolin, 1997). Le point commun de ces situations résidait dans le fait qu'elles étaient toutes qualifiées de complexes avec des caractéristiques temporelles prépondérantes (De Keyser, 1995). De la littérature abondante sur les situations dynamiques (Bainbridge, 1978 ; Cellier, Eyrolle et Mariné, 1997 ; Hoc, 1993) au moins six caractéristiques majeures peuvent être dégagées (Charron et Hoc, 2011 ; Charron, 2011) :

- l'opérateur humain ne contrôle la situation que partiellement et il y déploie une activité de supervision ;
- comme dans beaucoup de situations (notamment de travail), les critères de performance sont multiples et sujets à des arbitrages (ex. avec une forte charge de trafic, un contrôleur aérien ne peut pas satisfaire à la fois la sécurité des vols, leur économie, leur confort, Sperandio, 1977) ;
- les processus techniques en jeu présentent des constantes de temps qui émaillent la situation (par exemple des délais de réponse) et auxquelles l'opérateur humain doit se conformer (Dörner, 1980) ;
- les résultats à obtenir doivent satisfaire des contraintes temporelles, même si la compréhension de la situation n'est pas parfaite (Amalberti, 1992, 1996) ;
- le temps du processus ne coïncide pas toujours avec celui des traitements psychologiques (Hoc et Amalberti, 1999) ;

- enfin, en raison de l'intervention de facteurs incontrôlés, les situations dynamiques sont source d'incertitudes, ce qui génère des risques que l'opérateur humain doit gérer (Amalberti, 1992, 1996).

Du fait de leurs aléas, les situations dynamiques suscitent continuellement des adaptations. D'où leur intérêt évident.

Cependant, paradoxalement, elles ont été pendant longtemps très peu abordées par la psychologie du développement qui s'est essentiellement cantonnée aux situations statiques, en particulier à propos du développement cognitif. Toutefois, à la décharge de cette sous-discipline, il faut bien reconnaître que, de prime abord, on peut croire que les activités dynamiques ne concernent que des niches très spécifiques dans des contextes de (haute) technologie et de travail dont des catégories d'âge entières seraient totalement exclues, ce qui peut sembler gênant pour produire des lois générales du développement.

En réalité, en y regardant de près, beaucoup d'activités répondent à ces critères, même des plus banales comme se déplacer au milieu du trafic routier, en tant que piéton ou comme conducteur. En effet, la personne ne contrôle pas les actions des autres usagers (critère 1). Il peut y avoir plusieurs critères de performance pour un déplacement : sa durée, son degré de sécurité, le plaisir qu'il procure, son utilité... (critère 2). Les constantes de temps concernent les temps de réaction des usagers, les délais mécaniques de réponse des commandes de véhicules, les délais de déclenchement manuel ou automatique des feux de signalisation... (critère 3). Les contraintes temporelles sont celles imposées par la nécessité sociale du déplacement (comme arriver à l'heure à un rendez-vous, ou atteindre une boutique avant sa fermeture) ou par les espaces temporels alloués (comme la durée de la signalisation des feux ou les espaces inter-véhiculaires) pour traverser ou transiter à un carrefour (critère 4). Le trafic est un processus en flux quasi-continu qui peut se structurer trop rapidement ou trop lentement (comme certains bouchons générés par des causes qui précèdent leurs effets de plusieurs minutes voire de plusieurs heures) pour être compris intégralement par la personne (critère 5). En matière de déplacements, les risques sont nombreux : se perdre, se faire verbaliser, ne pas arriver à temps, avoir un accident, ... (critère 6).

Même des mobilités de loisir comme le ski-alpin aux sports d'hiver, satisfont parfaitement aux critères des situations dynamiques : c'est alors l'état de la neige, les conditions météo, les obstacles (pas toujours bien visibles), les comportements des autres usagers, les délais de réponse bio-mécaniques du corps et du matériel qui produisent toutes les incertitudes. Les risques sont en grande partie comparables à ceux des activités routières : possibilités de se perdre, de verbalisation en cas de violations de règles, d'être en retard (dans un concours ou tout simplement pour atteindre une remontée mécanique avant sa fermeture), d'avoir un accident...

Le risque

Quant au risque, il est décrit de diverses manières dans la littérature en sciences sociales et humaines. C'est aussi un sujet abondamment traité par la psychologie (Assailly, 1997; Cadet, Chasseigne, Giraudeau et Smida, 2013;

Kouabenan, Cadet, Hermand et Muñoz Sastre, 2006 ; Van der Plig, 1995). En apparence, il semble y avoir un faible consensus sur ce qui compose le risque. Yates et Stone (1992) ont montré qu'il existe néanmoins une conception implicite communément partagée du risque, dont ils ont dégagé les traits essentiels (Charron, 2005).

Tout d'abord, selon eux, le risque se définit au regard d'une décision possible dont les conséquences peuvent occasionner une perte. Le choix d'une nouvelle ville d'habitation peut constituer un risque pour la personne devant déménager dans la mesure où les options (chacune des villes pouvant être choisies) peuvent engendrer des pertes dans divers domaines (le métier, le salaire, la qualité de vie...). L'estimation de la perte pour un domaine donné suppose toujours l'appréciation d'un écart entre les conséquences possibles de l'option à prendre et une référence (par exemple l'ancien salaire perçu). Si les conséquences sont moins bonnes que la référence, il y a une perte. Si elles sont meilleures, il y a un gain. Enfin, si elles sont identiques à la référence, il n'y a ni gain ni perte. Les références diffèrent d'un domaine à l'autre. Par exemple, si pour le salaire la référence est l'ancien salaire perçu, la référence retenue pour la qualité de vie peut ne pas être la qualité de vie antérieure mais la qualité de vie obtenue en moyenne par les personnes du même groupe social (ou une autre référence encore). De plus, les références changent d'un individu à l'autre et chez un même individu, en fonction des domaines et des circonstances. Par ailleurs, toutes les options n'ont pas nécessairement des conséquences dans les mêmes domaines. Les pertes forment donc des catégories susceptibles de changer d'une option à l'autre.

Le deuxième ingrédient du risque concerne la signification ou la valeur accordée par le sujet à chacune des pertes. Pour l'un, une perte de salaire de 200 euros sera jugée sans grande importance alors que pour d'autres, elle pourra être considérée comme une éventualité inacceptable. De plus, d'une catégorie de perte à l'autre, il peut y avoir des priorités dans l'importance accordée aux pertes. Par exemple, trouver un métier moins intéressant que ce qu'on pourrait obtenir peut être moins déterminant dans la décision à prendre que l'éventualité que ce métier soit moins rémunérateur (ou l'inverse). Pour certains, plus la conséquence de la perte est importante et plus grand est le risque.

Le troisième et dernier élément du risque est l'incertitude associée aux pertes. On parle de risque car les catégories, comme les conséquences qui les composent, ne sont jamais certaines. L'incertitude porte sur la survenue des conséquences, sur l'ampleur des conséquences ou sur les catégories de conséquences susceptibles d'advenir. Parfois même, le simple fait d'ignorer quelles vont être les catégories de conséquences d'une option (comme pour la consommation d'OGM) peut-être perçu comme un risque.

Pour résumer, selon Yates et Stone (1992), les traits essentiels du risque sont : (a) les pertes potentielles, (b) la valeur ou les significations de ces pertes et (c) l'incertitude associée à ces pertes¹⁰.

10. On notera que la définition du risque ("Risque= Probabilité de l'évènement néfaste \otimes Importance du dommage") donnée p. 24 par Leplat dans l'ouvrage collectif de Kouabenan *et al.* (Kouabenan, Cadet, Hermand et Muñoz Sastre, 2006) est compatible avec les traits essentiels du risque dégagés par Yates et Stone (1992). La formulation de Yates et Stone, par son caractère à la fois plus explicite et plus général, est néanmoins préférable pour notre problématique.

Parce que la mesure des pertes potentielles est toujours relative aux références choisies et aux domaines considérés, parce que l'importance accordée aux pertes (gravité perçue) dépend de jugements de valeur et enfin parce que l'évaluation exacte des incertitudes est difficile dans la pratique, l'appréciation du risque – par le sujet ou l'observateur extérieur – est subjective. Parfois, les comportements à risque (également appelés comportements-problèmes) sont définis par les psychologues ou les professionnels de la santé de manière contradictoire ou ambiguë (Desrichard, 2004). En effet, les normes sociales pèsent sur le choix des critères permettant d'apprécier les pertes et sur la gravité perçue des pertes. Comme tout un chacun ne se conforme pas aux mêmes normes sociales, la définition d'un comportement à risque est par nature difficilement consensuelle. Néanmoins, tout comportement à risque peut-être assimilé à la transgression d'une norme sociale (Desrichard, 2004) ou professionnelle (Reason, 1990).

En termes probabilistes, le risque associé à une option est à la fois la fréquence estimée des conséquences inférieures à un critère (la référence retenue) pour chacun des domaines considérés et l'importance perçue des conséquences. A l'inverse du risque, le danger est la fréquence effective des conséquences négatives (i.e. qui tombent en dessous de la référence). On peut dire qu'un comportement est dangereux (par exemple, pour le piéton, traverser sans regarder) si on a constaté qu'il débouche dans x % des cas sur une conséquence (l'accident) inférieure au critère retenu (ne pas subir de dommages physiques ou psychologiques). Le danger est une fréquence établie d'événements passés alors que le risque est une anticipation de la fréquence et de la gravité de pertes potentielles futures. Le danger peut, sous certaines conditions de validité statistique, être mesuré de façon plus objective que le risque. Néanmoins, l'estimation par le sujet du "danger" est biaisée de manière récurrente par un certain nombre de variables (voir Desrichard, 2004). Elle semble néanmoins plus juste que l'estimation du "risque" (Van der Plig, 1995). Quand on le leur demande, des sujets naïfs peuvent estimer un nombre annuel d'accidents mortels pour différents moyens de transport et produire un classement par rang, relativement proche des estimations statistiques existantes. Cependant, ces mêmes sujets produisent des jugements déformés sur les risques en prenant en compte un certain nombre de variables objectivement non pertinentes (tel que l'impact médiatique d'événements médiatisés).

Les enjeux : définition et positionnement dans l'adaptation et le développement

Les modèles du risque les plus connus (Wilde, 1982 ; Näätänen et Summala, 1976 ; Fuller, 1984 ; Van der Molen, 1986 ; cités par Assailly, 1997) postulent que les individus adaptent leurs comportements en fonction du risque perçu ou anticipé qu'ils comparent, selon les modèles, au niveau de risque qu'ils jugent acceptables ou à l'absence de risque. Ces modèles rendent compte des comportements ou ajustements réalisés dans le but de gérer un certain niveau de risque. Ils laissent cependant de côté les motivations et les finalités qui déterminent les comportements.

D'un autre côté, il existe de nombreux modèles notamment en psychologie sociale de la santé pour expliquer les dimensions psychologiques et parfois contextuelles déterminant la prise de risque (voir la synthèse de Charron, 2005 : Becker et Maiman, 1975 ; Hovland, Janis et Kelley, 1953 ; Rippetoe et Rogers, 1987 ; Leventhal, Nerenz et Steele, 1984 ; Leventhal, Safer et Panagis, 1983 ; Fishbein et Ajzen, 1975, 1980). Ces modèles expliquent comment les attitudes, les normes, les valeurs et les émotions interviennent dans la prise de décision. Ils admettent implicitement ou explicitement que l'individu cherche à éviter une menace si celle-ci devient trop importante, ou encore à réduire le coût d'un comportement et maximiser son bénéfice. Mais la menace tout comme les bénéfices dépendent notamment de l'appréciation du risque. Or nous avons vu, grâce au cadre de Yates et Stone (1992), que cette appréciation dépend elle-même des références choisies pour évaluer les pertes potentielles et des valeurs qui donnent l'importance accordée aux dommages.

Donc, le cadre de Yates et Stone (1992) peut suffire à rendre compte de ce qui est déterminant aux yeux de la personne dans l'action, si on le généralise un tout petit peu en y incluant le symétrique des trois caractéristiques clefs du risque, c'est-à-dire : (a) les gains potentiels, (b) la valeur ou les significations de ces gains et (c) l'incertitude associée à ces gains. On peut alors définir les enjeux¹¹, au sens psychologique du terme, comme étant à la fois les enjeux eux-même, ce qu'il y a à gagner ou à perdre dans l'action, mais aussi les incertitudes qui sont associées à ces potentialités de gains ou de pertes, de même que l'importance relative que le sujet leur accorde. Les enjeux sont un ressenti cognitivo-émotionnel. Ils comportent une composante cognitive, pour apprécier les possibilités de pertes, de gains et l'estimation des incertitudes associées, et une composante affective, pour donner de l'importance à ces pertes et gains potentiels ou pour majorer ou minorer les incertitudes perçues.

Tout comme le risque, les enjeux relèvent de beaucoup de dimensions. Dans les activités dynamiques, on en trouve quasiment toujours au moins de trois types : les enjeux normatifs, les enjeux de sécurité et les enjeux temporels. Pour le premier type, si on viole les règles comportementales imposées par le milieu on s'expose à l'éventualité de sanctions sociales ce qui peut être vécu comme une perte. A l'inverse, en s'y conformant on peut gagner l'approbation voire l'admiration de la part des personnes attachées à cette norme. Pour les enjeux de sécurité, la perte potentielle est constituée des dommages physiques, biologiques consécutifs à l'action et les gains potentiels sont au contraire la préservation voire une meilleure condition biologique. Pour l'enjeu de temps, c'est le respect d'une échéance temporelle datée ou non qui est de mise. La perte tient aux conséquences du non respect de l'échéance et le gain à ses effets bénéfiques. Ce sont les enjeux qui fournissent à l'activé son motif.

Dans toute activité, qu'elle soit dynamique ou non, il y a des enjeux. Simplement, en raison des incertitudes inhérentes aux activités dynamiques, les enjeux y sont plus prégnants. Il est donc plus facile de ne pas y sous estimer le rôle des enjeux. En synthèse, la figure 0.1, adaptée de celle de Charron et Hoc (Charron, 2011 ; Charron et Hoc, 2011), résume de façon très générale le principe du développement et de l'adaptation en situations dynamiques. Le terme

11. Le terme enjeu est inspiré de Brousseau (1997) qui l'a lui-même utilisé pour désigner une fonction de préférence dans le cadre d'une action motivée.

"catastrophe" de cette figure est à prendre dans un sens très large. Comme dans l'usage courant du terme, cela peut être un accident (comme celui du vol 96 commenté plus haut). Mais cela désigne aussi, tout simplement, une résistance du réel, peut-être anodine pour l'observateur, mais qui, du point de vue subjectif de l'individu, crée un enjeu suffisamment fort (c'est-à-dire ayant beaucoup d'importance et/ou une forte probabilité perçue de survenue) pour remettre en cause la validité de ses ressources existantes. En référence aux définitions de Rogalski et Leplat (2009), de telles "catastrophes" sont des expériences "épisodeques" qui créent une pression poussant à un développement plus rapide que celui que l'on peut constater dans les expériences "sédimentées", celles existant avant et après cet évènement aigu.

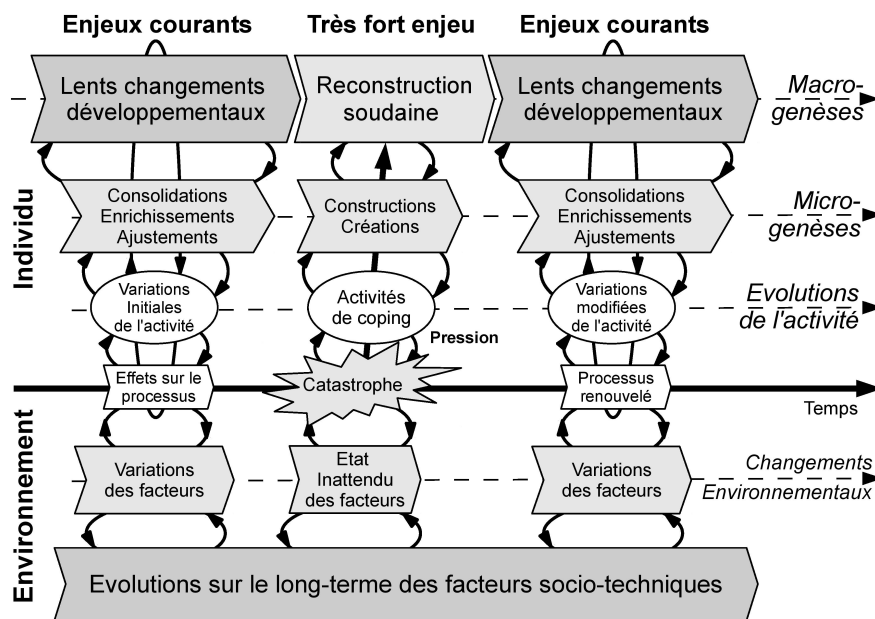


Fig. 0.1 Représentation schématique de l'adaptation et du développement en situations dynamiques. Par rapport à la figure originelle (exposée dans Charron, 2011, et Charron et Hoc, 2011), les enjeux ont été ajoutés. Les flèches en boucle montrent différentes régulations. Les flèches droites, pleines ou pointillées, illustrent des rapports de dépendance. Les variations de l'activité, le coping et les régulations sont l'adaptation psychologique (en tant que processus).

La thèse défendue dans cet écrit est que les enjeux peuvent orienter l'adaptation et aussi le développement. Or, les situations dynamiques, tôt ou tard, peuvent créer une compétition entre enjeux, habituellement en harmonie mais qui vont devenir incompatibles dans une situation particulière. L'idée est que l'enjeu de sécurité ne sera pas nécessairement le vainqueur. L'adaptation voire le développement ne seront alors plus sur la voie de la conservation biologique.

La proposition développée ici n'est pas une innovation de rupture qui ferait germer *ex nihilo* une idée totalement nouvelle, comme en témoignent les nombreux auteurs sur lesquels nous prenons appui. Il s'agit plutôt, au moyen de notre construit théorique d'enjeu et du cadre plus général des activités dynamiques, de faire converger – à notre sens de façon inédite – une question

commune à l'adaptation et au développement, celle de la compréhension de l'orientation prise par les transformations psychologiques.

Illustrations expérimentales : choix adaptatifs, développement et contrôle cognitif

Au travers de plusieurs études expérimentales, on tentera de pister dans quelle mesure les enjeux peuvent avoir pour conséquence de déterminer les choix adaptatifs, d'orienter le développement et de modifier la répartition des traitements cognitifs dans le bon ordre et avec la bonne intensité, c'est-à-dire le contrôle cognitif.

Dans les grandes lignes, le paradigme commun à toutes les recherches exposées ici est le suivant. En situations dynamiques, les sujets sont confrontés à des situations qui suscitent des dilemmes entre enjeux concurrents, induits par une consigne et/ou par le contexte : le temps, la sécurité et parfois la norme. Cependant, ces situations sont choisies de façon à ce que les comportements soient clairement constrastés selon l'enjeu retenu. Ainsi, par l'observation des comportements, on peut déduire l'arbitrage effectué par l'individu, donc l'enjeu retenu, puis en constater les effets en termes d'adaptation et/ou de développement. Les domaines abordés sont les traversées de rue chez l'enfant piéton, le ski alpin chez les enfants et adolescents, puis la conduite automobile chez des conducteurs tout-venants et des conducteurs ayant dans le passé subi un traumatisme crânien mais ayant recommencé à conduire. Les recherches sont organisées en trois parties.

La première partie traite de l'effet des enjeux sur les choix de comportements. Il s'agit de confirmer qu'il est possible, comme préalable au développement, d'opter en connaissance de cause pour des traversées dont on sait qu'elles sont peu sûres mais plus intéressantes au regard de l'enjeu dominant. C'est un lieu commun de dire que les adultes peuvent prendre des risques pour s'adapter. Mais si cette capacité est une règle développementale, elle devrait exister déjà aussi chez les enfants. Dès les premières acquisitions motrices, dont la marche, l'enfant s'expose à l'éventualité de chutes ou de blessures... La construction des règles morales passe par la transgression fréquente de normes, avec le risque d'être réprimandé (Granié, 2004, 2005). Cependant, pour pouvoir véritablement parler de prise de risque, il faut prouver que l'individu a la connaissance des conséquences qu'il encourt et que ses choix de comportements sont délibérés, non impulsifs et non imputables à une immaturité cognitive. Sinon, ce que l'observateur qualifierait de prise de risque ne serait en réalité qu'une erreur, un acte dangereux dont les effets potentiellement négatifs seraient involontaires (en référence à la définition de l'erreur selon Reason, 1990). La première partie tentera donc de déterminer si l'enfant piéton, âgé de 10 à 11 ans (période critique pour l'accidentologie) est capable de prendre volontairement des risques en traversant. Six chapitres composent cet ensemble.

Le premier chapitre expose la problématique de l'accidentologie des enfants-piétons de même que les causes les plus courantes de leurs traversées dangereuses. Puis, il explique l'organisation des travaux empiriques. Le deuxième chapitre montre comment notre cadre théorique des enjeux se décline dans le

cas précis des traversées de rue. Il relate une recherche papier-crayon menée chez les enfants dont le but a été d'établir leurs connaissances, en fonction de l'âge, quant aux différentes façons de traverser et leurs conséquences. Le troisième chapitre teste sur un simulateur piéton (appelé RESPECT) dans quelle mesure l'enfant pressé peut opter, en conscience, pour des formes risquées de traversée. Le quatrième chapitre vérifie, sur simulateur, que les enfants sont effectivement capables de contrôler volontairement ces différentes formes de traversées. Le cinquième chapitre vise à généraliser les résultats antérieurs au monde réel. Il rapporte des observations de vraies traversées d'enfants, seuls ou accompagnés d'adultes, aux abords de leur école et sous pression temporelle. Le sixième chapitre dresse le bilan des recherches menées et conclut quant à la possibilité de prise de risque délibérées chez l'enfant-piéton. Des recommandations pour l'éducation des enfants à la sécurité piétonne y sont formulées.

La deuxième partie du manuscrit aborde, des chapitres 7 à 10, les conséquences développementales des enjeux. Le chapitre 7 expose brièvement les raisons qui peuvent potentiellement conduire les enjeux à changer le cours du développement de l'individu. Le huitième chapitre, teste au moyen d'une courte étude longitudinale sur simulateur piéton, les effets des enjeux sur une pratique répétée de traversée de rue. Elle explore aussi les liens entre la hiérarchie de priorités existant avant l'activité et celle adoptée durant l'action. Ce chapitre montre que les enjeux modifient le devenir de certains comportements mais aussi que la hiérarchie de priorités change au cours de l'expérience. Le chapitre 9 aborde la question du développement à partir d'une étude transversale menée en milieu réel sur le ski-alpin. Après avoir expliqué les avantages théoriques et méthodologiques de ce domaine, il présente la recherche qui examine les variations macrogénétiques et microgénétiques de la hiérarchie de priorités entre enjeux. Pour clore cette deuxième partie, le chapitre 10 tire les enseignements obtenus aux deux études précédentes sur le développement. Il discute la question de l'antériorité des enjeux sur le développement.

La troisième partie, qui regroupe les chapitres 11 et 12, a pour objectif de cerner la place des enjeux au sein du contrôle cognitif. Il s'agit de comprendre les rouages par lesquels les enjeux, lors de l'adaptation, aiguillonnent la façon de mobiliser les ressources psychologiques, le tout en lien avec le développement. Le chapitre 11 introduit le lecteur aux dimensions psychologiques du contrôle cognitif à partir du modèle de Hoc et Amalberti (2007) complété par Charon, Hoc et Milleville-Pennel (2010). Il en explique la dynamique et expose les observables. Le chapitre 12, au moyen de la comparaison sur un simulateur de conduite automobile de conducteurs tout-venants et de conducteurs anciennement traumatisés crâniens, explore les modalités de fonctionnement du contrôle cognitif, en lien avec les enjeux mais aussi avec le développement passé des personnes.

Après avoir recoupé les effets déterminants des enjeux sur l'adaptation et le développement, la conclusion finale tentera de caractériser leur place. Sera alors abordée, naturellement, la question de la constitution du maintien ou du renouvellement des enjeux. En conséquence, pour mieux saisir, la dynamique de l'adaptation et du développement, une perspective de recherche plaidant en faveur d'une décentration de l'individu sera esquissée.

Partie I
Conséquences des enjeux sur les choix
adaptatifs

Chapitre 1

Introduction aux enjeux et aux choix adaptatifs du piéton

En France, en 2010, il y a eu 2681 accidents de la route d'enfants de moins de 15 ans (ONISR¹, 2011). Ce nombre a représenté 22,18 % du nombre total d'accidents. Les statistiques de la mortalité annuelle présentent depuis longtemps un pic d'accidents chez les enfants âgés de 11 ans juste avant l'âge auquel les enfants commencent à aller régulièrement seuls à l'école à pied (Association Prévention Routière, Fédération française des sociétés d'assurances, 2006). Environ 95 % des accidents piétons ont eu lieu en ville, majoritairement à une intersection. A partir de rapports de police complets, Brenac a fait une analyse qualitative des données détaillées d'accidents concernant les jeunes piétons blessés (Brenac, 2010; Brenac et Yerpez, 1997). Les résultats montrent que la majeure partie (73 %) des accidents d'enfants piétons peut être décrite par six principaux scénarios d'accidents avec, à chaque fois, une traversée de rue. Dans quatre scénarios (30 % des accidents), il y avait un manque de visibilité dans le lieu choisi par les enfants pour traverser la rue, même pour les deux scénarios sur un passage piéton. Dans les deux autres scénarios, qui représentent 45 % des cas, le piéton traverse soudainement la rue, parfois en courant, et, la plupart du temps, sur le passage piéton. Dans ces deux scénarios, l'enfant est souvent fortement motivé par la destination à atteindre de l'autre côté de la rue, qui peut-être marquée par la présence d'un camarade, d'un parent ou d'un contexte particulier comme un jeu ou un ballon qu'il faut rattraper. Lorsque l'enfant jaillit soudainement sur la chaussée, il y a souvent de sa part un défaut d'observation du trafic. La voiture qui approche n'est donc pas vue par l'enfant.

Pourtant, les enfants de 10-11 ans se montrent réceptifs aux apprentissages des comportements piétons appropriés (Prévention routière, 2008). Des données statistiques plus anciennes (Granié, 2004) montrent que 44% des accidents se produisent pendant le trajet maison-école, et que tous les accidents se produisent en traversant la rue, car environ 40 % des enfants choisissent les mauvais endroits pour traverser. Depuis 2002, afin de réduire le nombre d'accidents, le gouvernement français a ajouté la formation à la sécurité routière au programme officiel d'enseignement pour les écoles maternelles et élémentaires (Bulletin Officiel n°40, 2002). La formation met l'accent, entre autres choses, sur le choix du site de traversée, sur le traitement de l'information et sur le fait de ne pas courir en traversant.

1. ONISR : Observatoire National Interministériel de la Sécurité Routière.

Granié (2004) a évalué les effets, à court, moyen et long terme, sur la sécurité des comportements et sur les représentations du danger, de différents dispositifs éducatifs dispensés par certaines écoles maternelles et élémentaires, depuis bien avant 2002. Cette chercheuse a montré que le sujet, lorsqu'il est encore enfant ou lorsqu'il est devenu adolescent ou adulte, adopte parfois un comportement dangereux en situation réelle, alors même que des évaluations montrent qu'il dispose par ailleurs des ressources cognitives adéquates lui permettant d'éviter ce comportement (capacités de traitement des informations pertinentes, connaissances et savoir-faire permettant de minimiser les risques...). Le développement des compétences et des capacités cognitives n'est donc pas la seule condition à obtenir pour amener l'individu à produire un comportement sûr. D'autres variables comme la volonté de se conformer à des normes sociales, le sentiment d'auto-efficacité (Evans et Norman, 2003; Elliott, 2004), la non-intégration de règles sociales ou morales (Granié, 2005), la recherche de sensations (Rosenbloom, 2006; Abou, Granié et Mallet, 2007) ou la prise en compte dans le processus décisionnel des contraintes à la fois réglementaires et liées aux aménagements environnementaux (Bergeron, Cambon de Lavalette, Tijus, Poitrenaud, Leproux, Thouez et Rannou, 2007) peuvent expliquer, pour une part, la prise de risque.

En ayant à l'esprit que le risque est nécessairement multidimensionnel et que les enjeux consécutifs à une décision relèvent souvent de catégories différentes, nous avons dégagé en introduction, à partir de la définition énoncée par Yates et Stone (1992), les trois traits des enjeux associés au risque :

- les enjeux potentiels (pertes ou gains potentiels) ;
- l'incertitude associée à ces enjeux ;
- la valeur ou l'importance que le sujet accorde à ces enjeux.

Appliqués aux déplacements piétons, les enjeux peuvent être d'ordre social (normatif), légal, temporel ou porter sur la santé... Citons, quelques exemples. D'abord l'enjeu normatif. En agissant différemment de ce qu'exige une norme, le sujet peut s'exposer à d'éventuelles sanctions (invectives, jugements de valeurs négatifs...) de la part du groupe social qui a émis la norme. En se conformant à la norme (par exemple traverser au même endroit que les amis), le sujet peut au contraire gagner la reconnaissance du groupe. Parfois, l'enjeu est légal car, en principe, le sujet peut aussi encourir une sanction judiciaire s'il transgresse le code de la route. En d'autres circonstances, l'enjeu est temporel. Placé en situation d'urgence, en optant pour un déplacement trop long, le sujet peut risquer de perdre du temps et arriver en retard. À l'inverse, en choisissant le trajet le plus court ou en courant, le sujet peut gagner du temps. Enfin, dans la plupart des cas, il y a un enjeu de sécurité. Avec du trafic routier, un comportement inadapté peut entraîner des blessures ou la mort, suite à un accident. Un comportement sûr donne évidemment beaucoup plus de garantie de survie.

Or, les situations à risque, en général comme dans le cas particulier des déplacements piétons, offrent de nombreuses occasions d'être aux prises avec des enjeux concurrents (par exemple gagner du temps versus éviter un accident), c'est-à-dire des enjeux impossibles à satisfaire de manière équivalente en même temps (Charron, 2005). Les travaux de Kahneman et Tversky (1999) ont montré que les choix du sujet ne se font pas toujours de manière rationnelle selon l'espérance mathématique (somme des gains et des pertes, respectivement

multipliés par leur probabilité), mais aussi en fonction d'une valeur subjective accordée aux gains ou aux pertes. On peut donc faire l'hypothèse théorique que, placé en situation de dilemme, le sujet ne privilégie pas nécessairement la moindre exposition au danger routier (Charron, 2005). En d'autres termes, l'enfant pourrait ne pas choisir le comportement le plus sûr (par exemple emprunter un passage piéton), parce qu'une alternative (par exemple un trajet hors passage piéton) présente à ses yeux plus d'avantages au regard des enjeux du moment (par exemple gain de temps). Un tel phénomène existe chez les adultes. Par exemple, Rosenbloom (2006) a constaté que les étudiants pressés se rendant à leur université avaient plus tendance à traverser lorsque le feu piéton était au rouge. En ce qui concerne les enfants, les données accumulées par de nombreux travaux (tels que ceux d'Ampofo-Boateng et Thomson, 1991 ; Underwood, Dillon, Farnsworth et Twiner, 2007) montrent, qu'à partir de 9 ans et en général à 10-11 ans, les enfants disposent de connaissances suffisantes pour apprécier objectivement, au moins sur le plan intellectuel, les risques routiers.

Pour autant, à notre connaissance, avant les travaux exposés dans ce texte, aucune recherche n'avait encore établi que les enfants, lorsqu'ils prennent des risques pour traverser une rue, peuvent parfois le faire en connaissance de cause. Si les enfants venaient à prendre volontairement des risques (par exemple en traversant hors passage piéton ou en courant sur la chaussée pour gagner du temps) le font-ils au détriment complet de la sécurité, en laissant les événements extérieurs comme le trafic décider de la survenue éventuelle d'un accident ou les enfants se donnent-ils, malgré tout, les moyens, par une prise d'information correcte, d'assurer un minimum satisfaisant de sécurité ? En référence au modèle de Hoc et Amalberti (2007), assurer une prise d'information correcte lors de la prise de risque peut être interprétée comme le signe de l'établissement d'un compromis dans la hiérarchie existant entre les différents critères de performance acceptable (la sécurité *versus* le temps), autrement dit, comme une gestion optimisée du risque d'accident.

Quatre recherches portant sur différents groupes d'enfants sont exposées dans cette première partie². L'objectif général des études empiriques est, en premier lieu, de tester s'il est possible que les enfants de 10-11 ans prennent délibérément un risque pour traverser une rue, sous l'effet de l'empressement. En second lieu, il s'agira éventuellement de déterminer si, en pareilles circonstances, les solutions adaptatives produites s'avèrent très négatives pour la sécurité ou si elles se traduisent, malgré tout, par une gestion optimale du risque d'accident.

L'hypothèse théorique est que l'enfant, en connaissance de cause, peut volontairement privilégier de mettre en place une conduite adaptée pour un enjeu de temps (l'urgence d'un déplacement) au détriment d'un enjeu concurrent comme la sécurité, jugé au demeurant plus vital par la norme. Une première expérience teste les connaissances des enfants et l'effet des enjeux au moyen de tâches papier-crayon et d'entretiens. Une deuxième expérience teste les effets des enjeux lorsque les enfants agissent sur un simulateur piéton. La troisième étude explore sur simulateur piéton dans quelle mesure les enfants peuvent contrôler volontairement leurs comportements lorsque la consigne les y invite explicitement. La quatrième et dernière recherche, au moyen d'une observation

2. Les résultats de ces recherches ont été exposés dans Charron (2005 et 2014), Charron, Festoc et Guéguen (2012) et dans Charron, Festoc, Hairon et Petibon (2008).

effectuée aux abords d'une véritable école, teste l'existence dans la vie quotidienne des comportements obtenus dans les études précédentes. La conclusion finale récapitule ce que nous apprennent les quatre recherches sur les conséquences des enjeux sur les choix de comportements dans le cas particulier des enfants-piéton. Elle dégage les implications développementales des résultats obtenus et esquisse de nouvelles pistes de recherche dans le cas plus général des activités dynamiques.

Chapitre 2

Que sait l'enfant sur les façons de traverser ?

Pour savoir si les enfants peuvent prendre délibérément des risques selon les enjeux, des études exploratoires (Charron, 2005) avaient été menées auprès de 132 élèves de 6 à 10 ans issus de classes de CP, CE2 et CM2 au moyen d'une tâche d'élaboration de trajets. Sur un plan (figure 2.1), les sujets devaient dessiner un trajet leur permettant de se rendre depuis une croix vers une école qui se trouvait de l'autre côté d'une rue à double sens de circulation. Les types de trajets possibles (en biais, à angle droit ou sur le passage piéton) se distinguaient quant à leurs avantages et inconvénients (rapidité, dangerosité, conformité aux exigences du code de la route) pour faire face à différents enjeux.

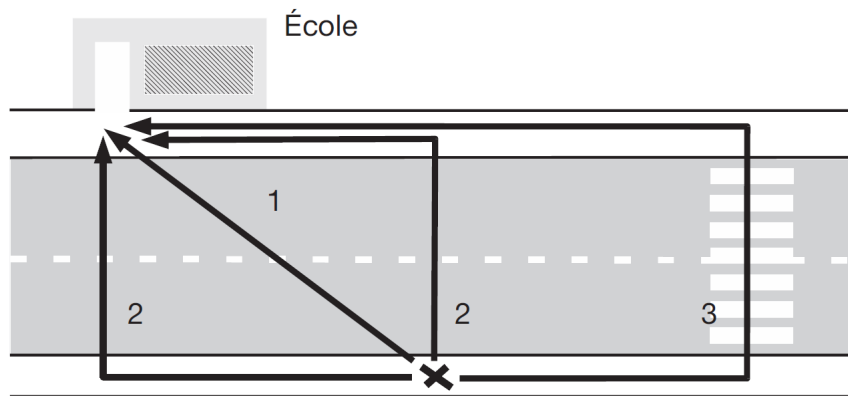


Fig. 2.1 Plan servant à l'élaboration de trajets.

Sur la figure 2.1, les flèches représentent les types de trajets possibles. Le type n°1 (en biais) est à la fois le plus court et le plus dangereux (durée d'exposition sur la chaussée plus longue et prise d'information plus difficile sur l'une des deux voies). Le type n°2 (à angle droit) est de longueur et de dangerosité intermédiaires. Le type n°3 (le passage piéton) est le plus long, le plus sûr et aussi le seul que le code de la route autorise à emprunter dans cette situation. La hiérarchie de dangerosité entre ces trois types de trajet a été dégagée par Tolmie (Tolmie, Thomson, Foot, Whelan, Sarvary et Morrison, 2002). Contrairement à ce qui était attendu, les résultats avaient révélé une indépendance

entre les trajets dessinés et les enjeux suggérés dans la consigne (risque d'être en retard, d'avoir un accident ou de se faire réprimander par un agent de police). La réponse majoritaire était systématiquement le trajet le plus long et le plus sûr, c'est-à-dire sur le passage piéton. La proportion des enfants qui élaboraient un trajet risqué, mais plus rapide (hors passage piéton) diminuait avec le niveau scolaire (36 % des élèves de CP, 11 % des élèves de CE2 et 5 % des élèves de CM2). Il n'y avait, par ailleurs, aucun effet du sexe. La première expérience a été conçue pour savoir si la réponse majoritaire passage piéton remet véritablement en question l'éventualité de prises de risque volontaires ou si elle peut être interprétée comme un conformisme à la réponse socialement valorisée à l'école, la norme selon laquelle il est bien de toujours traverser sur le passage piéton. Auquel cas, l'amélioration des réponses observées avec l'âge serait le signe d'une intégration progressive de la norme. On peut admettre que ces réponses sont normatives, si elles sont données en connaissance des différents trajets possibles, ainsi que de leurs avantages et inconvénients selon les enjeux. Telle est l'hypothèse.

Méthode

Des tâches papier-crayon *Élaboration de trajets* et *Connaissance des trajets possibles*, suivies d'un entretien ont été soumises en passation individuelle à 72 enfants répartis en deux groupes égaux (CE2 et CM2), âgés respectivement, en moyenne, de 8 ans 6 mois et 10 ans 10 mois. Chaque groupe était composé du même nombre de filles et de garçons.

La tâche *Élaboration de trajets* était similaire à celle utilisée dans les études exploratoires (Charron, 2005). Elle consistait à tracer un trajet sur un plan (cf. figure 2.1) après avoir entendu la consigne suggérant un enjeu. Les enjeux suggérés étaient, pour un tiers des sujets, le risque d'être en retard, pour un deuxième tiers, le risque d'avoir un accident et, pour le reste des sujets, le risque de se faire réprimander par un agent de police. Avant que le sujet ne donne sa réponse, l'expérimentateur s'assurait que l'enjeu avait bien été mémorisé par l'enfant¹.

L'épreuve *Connaissance des trajets possibles* consistait à demander au sujet de tracer tous les trajets envisageables sur un exemplaire vierge du plan de rue.

Lors de l'entretien, l'expérimentateur présentait un nouvel exemplaire du plan de rue avec les trois types de trajets déjà dessinés (figure 2.1). Il demandait successivement à l'enfant :

- le trajet qu'il prendrait s'il ne voulait surtout pas être en retard ;
- celui qu'il prendrait s'il ne voulait surtout pas avoir d'accident ;
- celui qu'il choisirait s'il ne voulait surtout pas se faire verbaliser par un agent de police.

Après chaque réponse de l'enfant, l'expérimentateur lui demandait de classer les trajets, respectivement selon leur rapidité, leur dangerosité et leur caractère respectueux ou non du code de la route.

1. Les consignes et la procédure détaillée, trop longues pour être reproduites intégralement ici, peuvent être communiquées à la demande.

Résultats

Les données obtenues à l'épreuve Élaboration de trajets montrent que le trajet sur le passage piéton a été produit par tous les sujets sauf un. Pour cette réponse majoritaire, il n'y a donc pas eu de différences selon les enjeux suggérés, ni d'ailleurs selon l'âge ou le sexe.

À l'épreuve Connaissance des trajets possibles, 57 enfants (soit près de 80 %) ont dessiné au moins deux types de trajets et 30 d'entre eux (soit près de 42 %) ont tracé les trois types. Le nombre de types de trajets dessinés, détaillé dans le tableau 2.1, était très peu lié à l'enjeu suggéré [V^2 de Cramér = 0,04; ($\chi^2(4, N = 72) = 5,96$ $p = 0,2$ ns)], à l'âge [V^2 de Cramér = 0,03; ($\chi^2(2, N = 72) = 2,09$; $p = 0,35$ ns)] ou au sexe [V^2 de Cramér = 0,03, $\chi^2(2, N = 72) = 2,24$; $p = 0,33$ ns].

Tableau 2.1 Répartition des sujets selon le nombre de trajets dessinés et l'enjeu

	Nombre de trajets dessinés		
	1	2	3
Enjeu suggéré	Nombre de sujets		
Retard	4	10	10
Accident	4	6	14
Contravention	7	11	6
Total	15	27	30

Note. $N = 72$

La figure 2.2 expose la répartition des trajets choisis en fonction des enjeux proposés lors de l'entretien. Chacun de ces choix s'est révélé indépendant de l'enjeu suggéré à la première épreuve (les V^2 de Cramér sont tous inférieurs à 0,03). La lecture de la figure 2.2 montre que, pour éviter un retard, les sujets déclarent majoritairement préférer le trajet le plus dangereux et le plus court (en biais), alors que, pour éviter un accident ou une contravention, ils choisissent presque exclusivement le trajet à la fois conforme à la règle et le plus sûr (sur le passage piéton). Ces choix majoritaires diffèrent tous significativement du hasard (tests avec la binomiale $B(72, 1/3)$; $p < 0,01$). Leur proportion ne change guère avec l'âge ou avec le sexe.

En ce qui concerne les classements de trajets, le taux de bonnes réponses (i.e. semblables au classement présenté sur la figure 2.1) est systématiquement très élevé. Le nombre des enfants à donner une réponse correcte est de 66 (soit près de 92 %) pour le rangement par ordre de rapidité, il est de 70 (environ 97 %) pour le classement par degré de dangerosité et de 72 (soit 100 %) pour l'identification des trajets non conformes à la règle. Les résultats recueillis confirment donc tous l'hypothèse.

Discussion

Il ressort de cette première expérience que les enfants, bien qu'ils aient quasiment tous élaboré spontanément le trajet qui est à la fois le plus long, le plus

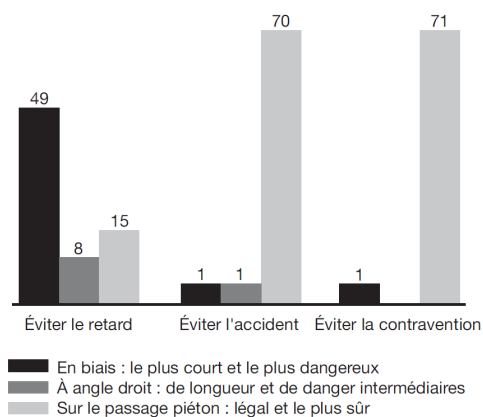


Fig. 2.2 Répartition des choix de trajet selon l'enjeu

sûr et conforme à la règle (sur le passage piéton), l'ont fait en connaissant par ailleurs :

- les autres parcours possibles ;
- les avantages qu'ils pouvaient en retirer au regard des différents enjeux ;
- leurs propriétés en termes de dangerosité, de longueur et de légalité.

Les réponses du type passage piéton, déjà repérées dans les études exploratoires de Charron (2005), sont donc normatives. Ainsi, l'effet développemental mis en évidence dans ces études exploratoires est bien la marque de l'intégration de la norme. Comme, les réponses du type passage piéton étaient déjà majoritaires en CP dans les données de Charron (2005), on peut penser que l'apprentissage de cette norme se fait à l'âge préscolaire. D'après les résultats de notre expérience 1, cette norme semble totalement acquise dès le CE2.

Au-delà de son caractère normatif, le parcours passage piéton semble aussi être conçu comme une ressource utile, puisque les élèves le choisissent préférentiellement lorsqu'il faut éviter à tout prix un accident. Toutefois, ce recours ne leur apparaît pas pour autant comme étant indispensable puisque, dans le même temps, les enfants, pour éviter d'être en retard, déclarent préférer au passage piéton le trajet le plus dangereux (en biais). La prise de risque volontaire semble donc être possible chez l'enfant. Il reste maintenant à vérifier, grâce à l'expérience suivante, qu'elle peut réellement se produire lorsque le sujet agit.

Chapitre 3

Etant pressé, l'enfant prend-il des risques ?

Les tâches de type papier-crayon utilisées par Charron (2005) et dans la première expérience ont mis en évidence les connaissances de l'enfant relatives aux trajets lors d'une traversée de rue. Toutefois, ces tâches ne nous renseignent que très partiellement sur l'activité effective du piéton car cette dernière implique, outre les connaissances, la mise en œuvre simultanée de divers processus comme la perception, la gestion des comportements moteurs, la régulation des comportements en fonction du trafic, l'attention sélective (Aubert, Charron et Granié, 2005 ; Barton, 2006 ; Thomson, 1991 ; Thomson, Tolmie, Foot et McLaren, 1996 ; Tolmie, Thomson, Foot, Whelan, Sarvary et Morrison, 2001, 2002 et 2003 ; Van der Molen, Rothengatter et Vinjé, 1981). De plus, compte tenu du format des épreuves, les enjeux suggérés dans les consignes des tâches papier-crayon étaient factices. Même si l'enfant y a répondu le plus honnêtement possible, rien ne nous garantit *in fine* que les enjeux, lorsqu'ils sont réellement ressentis, génèrent des effets comparables à ceux précédemment mesurés. D'où la nécessité d'effectuer des investigations dans des conditions aussi proches que possible de la réalité, sans pour autant exposer la vie des enfants aux dangers de la route. La deuxième expérience s'est donc déroulée sur simulateur piéton. En manipulant implicitement l'importance accordée aux contraintes temporelles et au danger, il s'agissait de tester l'hypothèse théorique selon laquelle les enfants se comportent de façon plus dangereuse lorsqu'ils ont réellement intérêt à aller vite.

Méthode

Une tâche de traversée de rue en environnement urbain avec trafic routier a été administrée en passation individuelle à 80 enfants d'âge moyen 10 ans 5 mois (CM1-CM2) sur le simulateur piéton RESPECT (Aubert *et al.*, 2005 ; Charron, 2004) reproduisant sur micro-ordinateur, de façon visuelle et sonore, la scène que verrait le sujet lors d'un véritable déplacement (figure 3.1). Ce logiciel permet à l'enfant de réaliser, dans un environnement virtuel en 3D, un parcours en utilisant une manette de jeu pour marcher ou courir et pour observer le monde environnant. Pour que l'enfant soit véritablement intéressé par l'issue de ses déplacements virtuels et donc pour qu'il se sente concerné

par les enjeux sous-jacents, cette activité s'est déroulée dans le cadre d'un jeu-concours réalisé à l'école. Après que le sujet ait achevé avec succès une phase de familiarisation avec le matériel (maîtrise de toutes les commandes : déplacements, marche, course, mouvements virtuels de la tête), le jeu-concours débutait. L'enfant était totalement libre d'y participer¹.

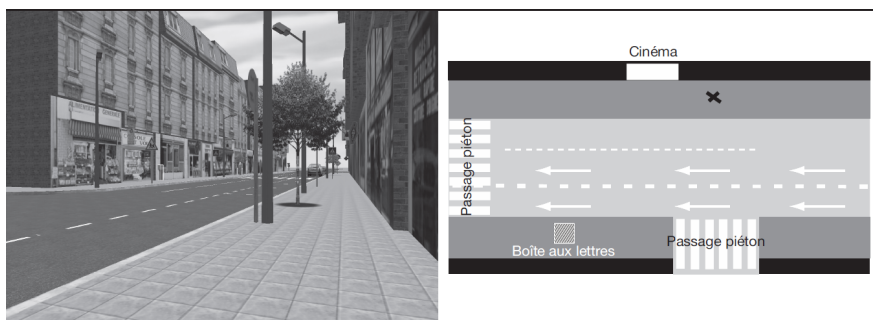


Fig. 3.1 Illustration du simulateur piéton RESPECT. A gauche, ce que voit le sujet au démarrage : le premier objectif encadré par le "fil de fer" blanc et le passage piéton au fond. Le trafic automobile arrive dans la seconde qui suit. A droite, le plan schématisé de la rue. La croix est le point de départ, le carré hachuré est la boîte aux lettres (premier objectif) et le rectangle blanc le cinéma (second objectif).

La tâche consistait à atteindre deux objectifs (une boîte aux lettres puis un cinéma) en un temps limité à trois minutes (figure 3.1). Les sujets étaient répartis de façon aléatoire (respectivement 25, 27 et 28 sujets) en trois conditions visant à susciter des enjeux contrastés. Elles se distinguaient par le nombre et par la nature des éléments à prendre en compte pour gagner le concours.

Dans la première condition (Destination), l'accent était mis uniquement sur la seule nécessité d'atteindre les objectifs : *"Les gagnants du concours sont ceux qui arrivent à atteindre les deux objectifs"*.

Dans la deuxième (Destination-Danger), la consigne insistait sur l'atteinte des objectifs et le besoin d'éviter tout accident : *"Les gagnants du concours sont ceux qui arrivent à atteindre les deux objectifs. Mais, surtout, fais bien attention à ne pas te faire renverser par une voiture, sinon tu seras éliminé"*.

Dans la troisième condition (Destination-Danger-Temps), il fallait de surcroît mettre le moins de temps possible : *"Les gagnants du concours sont ceux qui auront mis le moins de temps pour atteindre les deux objectifs. Mais, surtout, fais bien attention à ne pas te faire renverser par une voiture, sinon tu seras éliminé. Et fais bien attention aussi à ne pas mettre trop de temps sinon tu seras également éliminé"*.

Les conditions ont été administrées dans l'ordre de présentation. Pour chaque condition, le temps écoulé et celui restant étaient matérialisés par une barre de défilement placée en bas de l'image.

1. Les données de la psychologie sociale ont abondamment montré que le sentiment de liberté est la condition principale d'engagement d'un individu dans une tâche (Kiesler, 1971), (Joulé et Beauvois, 1998), (Guéguen et Pascual, 2000). Cet engagement nous semble être un préalable important à la formation d'un enjeu authentique chez l'enfant.

Mesures et hypothèses

Les comportements ont été relevés grâce à leur enregistrement intégral par le simulateur. Ainsi, ont été observés le type de trajet emprunté (traversée hors passage piéton versus traversée sur passage piéton), la prise d'information (défaut d'observation versus pas de défaut d'observation), la cadence de déplacement lors de la traversée (course *versus* marche). Précisons qu'on appelle ici défaut d'observation l'absence, avant ou pendant la traversée, de mouvements virtuels de la tête ou du corps en direction des véhicules roulant sur la chaussée, de telle sorte que ces derniers n'apparaissent pas à l'écran. Sur l'ensemble du parcours, chacun des trois comportements dangereux possibles (traversée hors passage piéton, défaut d'observation et course sur la chaussée) était comptabilisé pour chacun des deux objectifs (soit un maximum possible de six comportements dangereux par sujet). La durée totale du trajet était enregistrée par le logiciel.

Comme on ne peut pas être certain que les enjeux évoqués par les consignes soient réellement ceux par lesquels les sujets se sentent concernés, on se sert de la durée effective du trajet comme d'un indicateur du degré d'urgence ressentie (i.e. mesure de l'enjeu réel). Ainsi, une faible durée de déplacement sera la marque de la prépondérance de l'enjeu de temps. Au contraire, une durée importante de déplacement sera le signe que le temps est relégué au second plan, derrière l'enjeu de l'objectif à atteindre ou celui de la sécurité. Les comportements dangereux observés, quant à eux, nous renseignent sur l'exposition au risque routier.

Deux hypothèses opérationnelles sont formulées.

- On s'attend à ce que la condition Destination-Danger-Temps, qui est la seule à attirer explicitement l'attention sur la contrainte temporelle, produise chez les sujets un plus fort sentiment d'urgence (temps de déplacement le plus court), ainsi qu'une plus grande exposition au risque routier (nombre le plus élevé de comportements dangereux).
- On s'attend aussi à ce que la condition Destination-Danger, activant fortement l'enjeu de sécurité, produise un degré d'urgence ressentie, ainsi qu'une exposition au risque routier inférieures ou égales à celles de l'enjeu Destination.

Résultats

Tous les enfants ont accepté sans réserve de participer au jeu-concours. Les mesures effectuées (figure 3.2), suite à une analyse de régression, ont révélé que les sujets se déplaçaient d'autant plus vite [Pente de la droite de régression du temps = $-13,13$; $t(70) = -2,53$; $p < 0,05$] et adoptaient d'autant plus de comportements dangereux (traversée hors passage piéton, course sur la chaussée, défaut d'observation avant de traverser) [Pente du nombre de comportements dangereux = $+0,99$; $t(70) = 4,86$; $p < 0,05$] que la consigne insistait sur un nombre important d'éléments (1, 2 ou 3). Les résultats ont été identiques pour

chacun des objectifs (boîte aux lettres et cinéma). Ils ne vérifient que notre première prédiction.

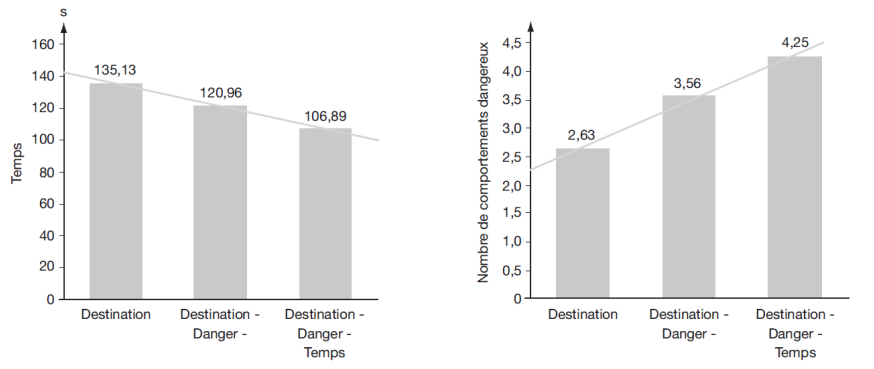


Fig. 3.2 Moyenne du temps de parcours et du nombre de comportements dangereux selon la condition

En ce qui concerne les comportements, les différences observées entre les conditions sont du même ordre pour chacun des objectifs (tableau 3.1). En ce qui concerne les défauts d'observation, leur fréquence est systématiquement élevée (respectivement 0,85 et 0,63 pour les objectifs 1 et 2). Les traversées hors passage piéton sont moins fréquentes dans la condition Destination (inférieure ou égale à 0,20 pour les deux objectifs) que dans les conditions Destination-Danger et Destination-Danger-Temps qui obtiennent des valeurs plus élevées et proches entre elles (de 0,37 à 0,54). Enfin, la proportion des courses sur la chaussée diffère selon la condition (de 0,40 à 0,86) : plus les sujets vont vite et plus ils ont été enclins à courir.

Tableau 3.1 Fréquences des comportements dangereux observés selon la condition

Objectif 1	Défaut obs.	Trajet hors pp.	Course
Destination	20/25 = 0,80	5/25 = 0,20	10/25 = 0,40
Destination-Danger	23/27 \simeq 0,85	11/27 \simeq 0,41	17/27 \simeq 0,63
Destination-Danger-Temps	23/28 \simeq 0,82	12/28 \simeq 0,43	24/28 \simeq 0,86
Objectif 2	Défaut obs.	Trajet hors pp.	Course
Destination	15/24 \simeq 0,63	4/24 \simeq 0,17	10/24 \simeq 0,42
Destination-Danger	17/27 \simeq 0,63	10/27 \simeq 0,37	18/27 \simeq 0,67
Destination-Danger-Temps	21/28 = 0,75	15/28 \simeq 0,54	24/28 \simeq 0,86

Note. $N = 80$ et 79 respectivement pour les objectifs 1 et 2.

Pour l'objectif 2, un sujet a été virtuellement renversé par une voiture.

Pour envisager des conclusions généralisables à partir de ces données, nous avons mené une analyse inductive. En partant du postulat que la probabilité d'apparition de chaque comportement suit une loi binomiale, nous avons testé différents modèles au moyen de l'indice statistique AIC (Akaike Information Criterion) (Akaike, 1973). Chaque modèle est constitué d'hypothèses sur les probabilités d'apparition des comportements dangereux au sein des trois conditions. Les modèles testés, notés avec la lettre M suivie d'un indice, sont les

suiuants : les probabilités sont les mêmes pour les trois conditions (M_0); seule la probabilité de la condition Destination-Danger-Temps diffère (M_1); seule la probabilité de la condition Destination diffère (M_2); seule la probabilité de la condition Destination-Danger diffère (M_3); les probabilités diffèrent dans les trois conditions (M_4). L'exposé mathématique des modèles, ainsi que les résultats obtenus figurent sur le tableau 3. Pour un objectif et un comportement dangereux donnés, le meilleur modèle (i.e. celui qui est retenu) est celui qui obtient le plus petit AIC. Un tel modèle est à la fois le plus vraisemblable et le plus parcimonieux. L'examen du tableau 3.2 montre que les conclusions sont systématiquement les mêmes pour les deux objectifs. Il ressort que la probabilité d'avoir un défaut d'observation est à considérer comme identique dans les trois conditions (le modèle M_0 est retenu). En ce qui concerne le trajet emprunté, la probabilité de passer hors passage piéton est identique dans les conditions Destination-Danger et Destination-Danger-Temps et plus élevée que dans la condition Destination (le modèle M_2 est retenu). En ce qui concerne la course sur la chaussée, sa probabilité d'apparition diffère selon les cas, les sujets de la condition Destination adoptant le moins ce comportement et ceux de la condition Destination-Danger-Temps l'adoptant le plus (le modèle M_1 est retenu).

Tableau 3.2 AIC relatifs aux modèles des comportements observés pour les deux objectifs

Objectif 1	Défaut obs.	Trajet hors pp.	Course
$M_0 : \pi_1 = \pi_2 = \pi_3 = \pi$	11,90*	16,60	25,03
$M_1 : \pi_1 = \pi_2 = \pi_{12}; \pi_{12} \neq \pi_3$	13,90	17,45	17,23
$M_2 : \pi_2 = \pi_3 = \pi_{23}; \pi_{23} \neq \pi_1$	13,74	14,80*	18,30
$M_3 : \pi_1 = \pi_3 = \pi_{13}; \pi_{13} \neq \pi_2$	13,69	18,02	27,01
$M_4 : \pi_1 \neq \pi_2; \pi_2 \neq \pi_3; \pi_1 \neq \pi_3$	15,65	16,78	16,46*
Objectif 2	Défaut obs.	Trajet hors pp.	Course
$M_0 : \pi_1 = \pi_2 = \pi_3 = \pi$	14,07*	20,55	17,11
$M_1 : \pi_1 = \pi_2 = \pi_{12}; \pi_{12} \neq \pi_3$	14,81	17,30	17,62
$M_2 : \pi_2 = \pi_3 = \pi_{23}; \pi_{23} \neq \pi_1$	15,74	16,10*	17,20
$M_3 : \pi_1 = \pi_3 = \pi_{13}; \pi_{13} \neq \pi_2$	15,76	22,55	25,91
$M_4 : \pi_1 \neq \pi_2; \pi_2 \neq \pi_3; \pi_1 \neq \pi_3$	16,81	16,58	16,39*

Note. π_1 =probabilité d'avoir un comportement dangereux en ayant reçu la consigne Destination, π_2 =probabilité d'avoir un comportement dangereux en ayant reçu la consigne Destination-Danger, π_3 =probabilité d'avoir un comportement dangereux en ayant reçu la consigne Destination-Danger-Temps.

* désigne le meilleur modèle d'après le critère de l'AIC

Discussion

L'acceptation par tous les enfants de participer au jeu-concours témoigne de leur bon enrôlement dans la tâche. Par conséquent, ils se sont véritablement sentis concernés par l'activité proposée. Cependant, les enjeux ressentis semblent être quelque peu différents de ceux attendus. Tout se passe comme si le nombre d'éléments de la consigne avait augmenté chez l'enfant, via un effet d'accumulation de la demande, le sentiment d'urgence : ce nombre produit une

réduction du temps de parcours, alors que, parallèlement, il n'y a eu aucune diminution des comportements dangereux dans la deuxième condition. Les enfants n'ont donc pas été sensibles à l'enjeu de sécurité qui se serait traduit, dans la deuxième condition, par un évitement du danger à tout prix, au détriment du temps. Ils ont peut-être systématiquement interprété l'activité comme un concours de vitesse du fait, peut-être, de la barre de défilement qui rendait très saillant l'enjeu de temps. Par ailleurs, l'accroissement du sentiment d'urgence est assorti d'une augmentation des comportements dangereux. Il s'agit clairement, comme nous l'attendions, d'une baisse de performance (du point de vue de la sécurité) liée à l'enjeu.

Il reste cependant à savoir si les comportements dangereux ont été délibérés. En ce qui concerne la traversée hors passage piéton, on peut le penser. On sait en effet, grâce à l'expérience 1, que son caractère normatif, sa dangerosité, ainsi que son avantage en termes de réduction de la distance à parcourir sont connus des enfants. La traversée hors passage piéton serait donc une prise de risque délibérée. Lorsque le sentiment d'urgence augmente, pour gagner du temps, le sujet s'expose ainsi volontairement à une plus grande éventualité d'accident et de désapprobation sociale. Pour la course sur la chaussée, l'expérience 1 n'a pas testé si les enfants de 10-11 ans en connaissaient la dangerosité. On ne peut donc pas être certain qu'il s'agisse d'une prise de risque délibérée. Cependant, comme les écoles françaises l'enseignent systématiquement et que par ailleurs le niveau général de connaissance qui est atteint à 10-11 ans est assez élevé pour apprécier les risques routiers, on peut supposer que les sujets savent qu'il est plus dangereux de traverser en courant qu'en marchant. Ont-ils pour autant couru de façon volontaire ou l'ont-ils fait de manière impulsive ? Les enquêtes et les typologies d'accidents piétons (Alexander, Cave et Little, 1990 ; Brenac et Yerpez, 1997 ; Fontaine et Gourlet, 1997 ; NHTSA, 1983 ; Van der Molen, 1981 et 1983) ont montré que les comportements impulsifs de course ou de jaillissement sur la chaussée sont, en général, consécutifs à un stimulus déclenchant qui se présente de manière soudaine (par exemple un ballon à rattraper qui a glissé au milieu de la route, l'appel d'un camarade placé de l'autre côté de la rue, *etc.*). Comme aucun stimulus de ce type n'apparaît dans l'expérience que nous avons menée (la barre de défilement étant un stimulus continu), on peut exclure la thèse d'un acte impulsif. La course sur la chaussée pourrait donc être, comme la traversée hors passage piéton, une prise de risque délibérée visant à gagner du temps. Toutefois, puisque la fréquence de la course sur la chaussée est différente dans les trois conditions, contrairement à la traversée hors passage piéton qui a une fréquence identique dans deux conditions (cf. tableau 3.1), la course serait utilisée par les enfants avec plus de discernement que la trajectoire, i.e. le fait de courir pourrait présenter à leurs yeux un danger plus important que de traverser en dehors du passage piéton.

Les défauts d'observation, quant à eux, sont systématiquement très fréquents. On peut tout d'abord rejeter l'idée qu'il s'agirait d'un manque d'adresse dans l'utilisation de la manette de jeu, puisque le jeu-concours n'a démarré qu'après que les enfants ont eu manifesté une bonne maîtrise de l'instrument. Ensuite, on peut également exclure que les enfants se seraient entièrement fondés sur une prise d'information auditive acceptable. Nous savons en effet que les informations sonores ne sont pas suffisantes à elles seules pour traverser en sécurité, comme en témoignent les travaux d'entraînement des piétons non-voyants

(Sauerburger, 2005, 2006). De plus, les données expérimentales acquises avec une tâche d'identification des sons du mouvement d'une voiture approchant, passant ou s'éloignant, montrent que, si le nombre d'identifications correctes augmente avec l'âge (5, 8 et 11 ans), la performance la moins bonne demeure celle de l'identification du mouvement du véhicule approchant, y compris à 11 ans (Pfeffer et Barnecutt, 1996). Or, les accidents sont généralement causés par les véhicules qui approchent. Par ailleurs, la prise d'information n'a pas été modulée par l'enjeu du concours. La question reste de savoir si les défauts d'observation relèvent d'un simple oubli de l'impératif de sécurité du fait de la prégnance de l'enjeu de temps, d'une négligence volontaire pour gagner du temps ou économiser des efforts, ou encore d'une incapacité à contrôler correctement ce comportement sous l'effet de l'empressement.

L'objectif de l'expérience suivante est donc d'apprécier si les enfants peuvent ou non exercer un contrôle volontaire efficace sur leurs comportements dangereux, de manière à pouvoir gérer leurs performances au regard des enjeux qu'ils privilégient (minimiser le risque d'accident, aller vite ou respecter le code de la route).

Chapitre 4

L'enfant contrôle-t-il en totalité sa façon de traverser ?

On peut penser qu'un comportement est volontaire si un même sujet s'avère capable d'en changer à dessein. L'étude précédente a dégagé les agissements spontanés des enfants en fonction des enjeux. Ici, l'expérience vise à déterminer comment l'enfant procède lorsqu'on lui demande explicitement d'être prudent, d'aller vite ou les deux. À visée heuristique, elle ne s'accompagne d'aucune hypothèse spécifique. On conclura que les comportements dangereux sont volontairement contrôlables s'ils diminuent fortement dès que la prudence est exigée, y compris lorsqu'il faut aller vite. Dans le cas contraire, on pourra conclure qu'ils échappent pour partie à la volonté des sujets. Une bonne prise d'information étant vitale pour réaliser une traversée sûre, une capacité de gestion du risque d'accident *a minima* acceptable se traduira par une fréquence quasi nulle des défauts d'observation, dès lors que la prudence est exigée, qu'il faille aller vite ou non.

Méthode

Une tâche de traversée de rue sur le simulateur respect, dans le même environnement virtuel que l'expérience précédente (cf. figure 3.1), a été administrée en passation individuelle à 39 enfants âgés en moyenne de 10 ans et 2 mois (CM1-CM2), successivement dans trois conditions présentées dans le même ordre pour tous : Prudence ("*Ne prends aucun risque, sois le plus prudent possible, tu as largement le temps*"); Rapidité ("*Il faut être très rapide, peu importe si tu prends des risques et que tu n'es pas prudent*"); Rapidité-Prudence ("*Il faut être très rapide mais sans prendre de risques*"). À chaque fois, le sujet devait se rendre à la boîte aux lettres. La mission débutait après une phase de familiarisation avec le matériel, strictement identique à celle utilisée lors de l'expérience précédente.

Résultats

Pour chaque condition, le temps de parcours a été relevé et les trois comportements dangereux possibles (traversée hors passage piéton, défaut d'observation et course sur la chaussée) ont été totalisés (soit un maximum possible de trois comportements dangereux par sujet). La figure 4.1 expose les résultats obtenus. Précisons que tous les écarts observables sont significatifs [$F(2,58) = 94,87$; $p < 0,001$ et $F(2,74) = 86,54$; $p < 0,001$ respectivement pour le temps et le nombre de comportement dangereux]. La lecture de la figure 4.1 montre que les sujets agissent en tenant compte des demandes : c'est dans la condition Prudence qu'ils prennent le plus de temps, dans la condition Rapidité qu'ils en prennent le moins, la condition Rapidité-Prudence étant associée à un temps intermédiaire. Leurs comportements dangereux sont peu nombreux dans la condition Prudence et très nombreux dans la condition Rapidité. Dans la condition Rapidité-Prudence, leur nombre diminue, sans atteindre pour autant le niveau de celui de la condition Prudence. Un examen des patrons individuels de comportements a montré que moins de 18 % et moins de 21 % des enfants, respectivement pour le temps et pour les comportements dangereux, ont eu un patron contredisant la hiérarchie qui ressort de la figure 4.1. Les résultats exposés sur cette figure reflètent donc bien la grande majorité des performances individuelles.

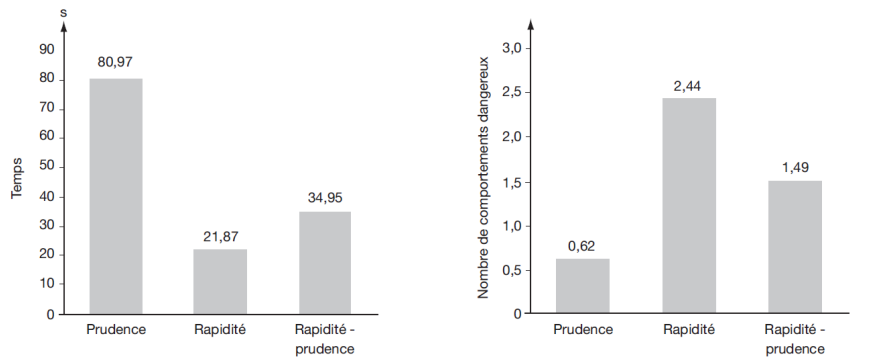


Fig. 4.1 Moyennes des temps de parcours et des comportements dangereux selon la condition

L'étude détaillée de chaque comportement dangereux (traversée hors passage piéton, course sur la chaussée et défaut d'observation) révèle un profil de résultats comparable à celui obtenu sur la figure 4.1. Les résultats sont donnés dans le tableau 4.1. La fréquence des défauts d'observation n'y est jamais négligeable et elle est plus élevée dans la condition Rapidité-Prudence que dans la condition Prudence (respectivement 0,38 et 0,28). L'effet de la condition est significatif pour chaque comportement dangereux. Pour les défauts d'observation, on a $F(2,74) = 34,30$; $p < 0,001$; pour les trajets hors passage piéton, on a $F(2,74) = 21,20$; $p < 0,001$ et pour la course sur la chaussée $F(2,74) = 67,53$; $p < 0,001$.

Tableau 4.1 Fréquences des comportements dangereux observés selon la condition

Condition	Comportement		
	Défaut d'Obs.	Trajet hors pp.	Course
Prudence	11/39 \simeq 0,28	4/39 \simeq 0,10	9/39 \simeq 0,23
Rapidité	35/39 \simeq 0,90	22/39 \simeq 0,56	38/39 \simeq 0,97
Rapidité-Prudence	15/39 \simeq 0,38	7/39 \simeq 0,18	35/39 \simeq 0,90

Note. $N = 39$

Discussion

Pour l'interprétation des résultats, on gardera à l'esprit que, dans cette expérience, les comportements sont adoptés essentiellement selon les exigences de la consigne. Contrairement à l'expérience précédente, il n'y a pas de sentiment d'urgence produisant intrinsèquement une nécessité d'aller vite.

Dans ce contexte, le nombre relativement bas des comportements dangereux en situation de Prudence comparé à celui relativement élevé en condition de Rapidité est l'indication que les enfants savent qu'il est plus sûr d'emprunter le passage piéton, de ne pas courir sur la rue et de bien regarder avant et pendant la traversée. Le fait que la proportion des comportements dangereux soit d'un niveau intermédiaire lorsqu'il s'agit d'aller vite tout en restant prudent, comparativement aux autres conditions, semble montrer que les sujets sont capables d'établir une hiérarchie de priorités (en référence au modèle de Hoc et Amalberti, 2007) entre les exigences de vitesse et de sécurité. Tout se passe comme si, dans la condition Rapidité-Prudence, les enfants se donnaient un objectif de temps élevé, mais non maximal, de façon à rester dans une limite de risque acceptable. Ainsi, dans cette condition, ils transgressent la norme du passage piéton et courent sur la chaussée pour aller plus vite, mais pas aussi souvent que lorsque seule la vitesse compte. De plus, ils effectuent davantage d'observations que dans la condition Rapidité. Les variations des comportements dangereux entre les trois conditions nous montrent donc que les enfants peuvent moduler volontairement leurs comportements en connaissance de cause. Autrement dit, selon les priorités fixées, ils peuvent choisir délibérément de prendre des risques ou à l'inverse d'agir avec prudence.

Que conclure, en revanche, quant à leur capacité à gérer les risques d'accident ? Si la prise d'information était parfaitement maîtrisée, au point qu'elle puisse se faire de manière subsymbolique sans effort volontaire particulier, alors il ne devrait jamais y avoir de défaut d'observation. Les résultats ont montré que tel n'est pas le cas. Dans la condition Prudence, la fréquence des défauts d'observation, bien que nettement plus faible que dans l'expérience 2, n'est pas nulle : elle concerne près d'un tiers des enfants. Si on exclut l'idée d'un déficit d'adresse dans le maniement de la manette de jeu ou d'une prise d'information sonore (pour les mêmes raisons que dans l'expérience 2), cela signifie que cette partie des enfants ne sait pas où, quoi et à quel moment regarder. Le taux nettement plus élevé des défauts d'observation constaté en condition de Rapidité nous apprend que les sujets préfèrent ne pas regarder, lorsque la prudence importe peu. Cela veut dire que la prise d'information leur est coûteuse en temps et/ou en effort : elle n'est donc pas automatisée, elle ne relève pas d'un traitement subsymbolique. Dans la condition Rapidité-Prudence, alors qu'il y a

manifestement la volonté de réduire les risques, les enfants ne parviennent pas à faire aussi bien que dans la condition Prudence. Si l'on admet que les enfants ont choisi de se conformer à la consigne, on peut écarter la possibilité qu'ils aient délibérément choisi de totalement sacrifier la prise d'information, qui est au demeurant vitale pour la sécurité. La moindre performance dénoterait donc un manque de maîtrise de la prise d'information. Tout se passe comme si, du fait du peu d'automatisation de la prise d'information, le système cognitif des enfants peinait à gérer simultanément la recherche de vitesse et la sécurité. On en déduit alors que les fréquences élevées des défauts d'observation de l'expérience 2 n'ont pas été le fait d'un simple oubli, mais sont bien la marque d'une difficulté cognitive à regarder correctement tout en étant pressé. En conséquence, lorsque l'enfant de 10-11 ans adopte un comportement dangereux pour traverser, il n'est pas en mesure d'assurer sa sécurité du fait de sa difficulté à assurer, en toutes circonstances, une bonne prise d'information. Ce phénomène ayant été mis en évidence sur simulateur, il conviendrait de vérifier s'il peut être généralisé à la réalité. Tel est l'objectif de l'étude suivante.

Chapitre 5

Dans la rue, que font réellement les enfants pressés ?

Pour autant, dans le monde réel, pour des raisons de sécurité, il n'est pas envisageable de créer, comme nous l'avons fait dans la deuxième étude, une situation d'urgence temporelle qui pourrait amener les enfants à se mettre en danger. Toutefois, dans les sociétés technologiques telles que la notre, la "culture de la montre" ("*Time clock culture*") domine, par opposition aux sociétés moins industrialisées où le temps des événements ("*Time event culture*") prime (Cœugnet, Charron, Van De Weerdt, Anceaux et Naveteur, 2011). Ainsi, les activités sont souvent organisées en fonction de l'heure, plus qu'en fonction des événements extérieurs (soleil, météo...) ou encore du cycle de la nature (saisons). Cet état de fait crée chez les individus de nombreuses occasions d'avoir le sentiment, à tort ou à raison, de manquer de temps pour achever une tâche et de devoir se presser. Ce sentiment peut notamment survenir lorsque (i) il y a une échéance temporelle datée à respecter et (ii) le non respect de cette échéance expose l'individu à une éventualité de sanction (Cœugnet, Charron, Van De Weerdt, Anceaux et Naveteur, 2011).

Or, cette double condition est vérifiée de façon quasi quotidienne pour les enfants qui vont à l'école le matin. En effet, le début des cours (souvent 8h30) constitue une échéance temporelle à respecter et tout retard sans motif sérieux est souvent réprimandé ou puni. L'heure de démarrage des cours approchant, l'enjeu de temps devient graduellement plus saillant, au regard des enjeux concurrents tels que la sécurité et le respect de la norme. Donc, sans créer de situation qui pourrait amener un surcroît de danger, il est possible d'observer des déplacements réels d'enfants sous un enjeu de temps croissant, lorsqu'ils vont à l'école le matin¹.

En accord avec les études précédentes, nous nous attendons à ce que le nombre de comportements dangereux augmente à l'approche de l'échéance, au moins lorsque l'enfant se déplace seul, sans être accompagné d'un adulte. En outre, la prise d'information devrait se dégrader au fil de l'heure.

1. L'idée de ce recueil de données m'a été donnée par Xavier Cuny, au cours d'une conversation à propos de mon travail sur la sémiologie de la simulation (Charron, 2008). Je tiens à l'en remercier.

Méthode

Un total de 41 traversées de rue réalisées par des enfants pour se rendre à l'école le matin ont été observées. Les cours débutaient à 8h30. Parmi les traversées, 17 ont été accomplies par 11 enfants (en moyenne de 9 ans 5 mois) étant chacun accompagné d'un adulte et les 24 autres par 18 enfants seuls (en moyenne de 9 ans et 10 mois). Chaque enfant a donc effectué une à deux traversées, à l'exception d'un enfant accompagné qui en a réalisé cinq. Les rues concernées étaient situées à proximité de l'école. Elles pouvaient différer d'un enfant à l'autre mais comportaient toujours au moins un passage piéton, sans feu rouge ni adulte pour stopper la circulation. Des observateurs étaient placés de façon non ostentatoire à proximité de chaque passage piéton. Les sujets savaient qu'ils étaient observés, les parents ayant donné leur accord préalable pour la participation de leur enfant à l'étude.

Résultats

Pour chaque traversée, l'heure a été relevée ainsi que cinq comportements dangereux possibles réalisés par l'enfant (défaut d'observation avant la traversée, défaut d'observation pendant la traversée, traversée en diagonale, course sur la chaussée et traversée hors passage piéton). Dans tous les cas, il y a toujours eu un défaut d'observation pendant la traversée. Les enfants n'ont couru sur la chaussée que lorsqu'ils étaient seuls (6 occurrences sur 24) jamais lorsqu'ils étaient accompagnés (0 occurrence sur 17) et le lien constaté est significatif, $p < 0,05$ au test exact de Fisher. En revanche, le fait d'être seul ou accompagné n'a rien changé aux autres occurrences de comportements dangereux, les tests exacts de Fisher étant toujours non significatifs. De plus, la différence quant au nombre total moyen de comportements dangereux ne change pas, selon que l'enfant soit accompagné ou non (respectivement 1,76 et 1,83). On a $t(38,74) = 0,23$ $p > 0.82$ ns.

La figure 5.1 présente la relation entre le nombre total de comportements dangereux et l'heure, selon que l'enfant traverse accompagné ou seul. Les traits pointillés représentent les droites de régression permettant de prédire les comportements dangereux à partir de l'heure. En ce qui concerne la relation entre l'heure et les comportements dangereux, l'analyse de la figure 5.1 révèle une corrélation faible et non significative pour les enfants accompagnés. Cette corrélation est positive, médiane (0,44) et significative pour les enfants traversant seuls ($p < 0,05$). Ce résultat est conforme aux attentes. Les enfants seuls tendent à prendre de plus en plus de risques, lorsque l'enjeu de temps augmente.

La figure 5.2 expose, pour les enfants seuls, les occurrences des défauts d'observation avant la traversée, en fonction du temps. La ligne pointillée représente l'estimation de la probabilité d'occurrence du défaut d'observation, calculée à partir d'une régression logistique en fonction du temps (AIC de 29,11 contre 30,97 pour l'AIC du modèle nul postulant l'absence de lien au temps). La lecture de la figure 5.2, en accord avec l'hypothèse, montre que la probabilité d'occurrence des défauts d'observation avant de traverser augmente avec le

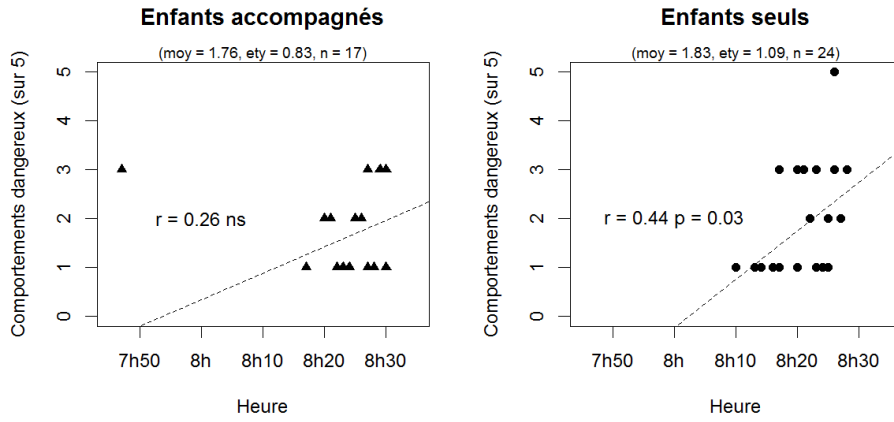


Fig. 5.1 Nombre de comportements dangereux en fonction de l'heure selon que l'enfant traverse accompagné ou seul

temps, au fur et à mesure que l'échéance approche. Avec une méthode d'analyse statistique analogue, aucun lien au temps n'a pas ailleurs été trouvé pour les autres comportements dangereux pris isolément (les AIC des modèles nuls étant toujours les plus petits).

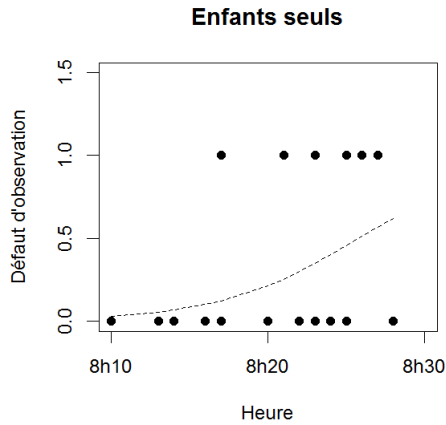


Fig. 5.2 Occurrence des défauts d'observation en fonction de l'heure chez les enfants traversant seuls

Discussion

Compte-tenu de son caractère localisé à une école unique et des nombres limités de traversées et d'enfants, cette dernière étude ne saurait en aucun cas fournir une prévalence des comportements dangereux des enfants-piétons pour l'ensemble de la population française.

En revanche, les résultats obtenus confirment que la prise de risque par l'enfant-piéton peut réellement survenir, lorsqu'elle est motivée par un enjeu de temps. L'augmentation de la probabilité d'une moins bonne prise d'information visuelle avec l'accroissement de l'enjeu de temps confirme que les enfants s'exposent à un danger réel en prenant des risques. Par rapport au déplacement piéton, la peur du danger ne jouerait donc pas ici son rôle protecteur. De telles données sont compatibles avec l'hypothèse de Shiv et Fedorikhin (2002), selon laquelle les prises de décision sous pression temporelle reposent beaucoup sur les affects présents au moment où la décision est prise et non sur l'anticipation des affects qui pourraient résulter des conséquences de cette décision.

De leur côté, les enfants accompagnés d'un adulte ne manifestent pas une plus grande prise de risque en fonction de l'enjeu de temps. Ce résultat ne surprend guère pour deux raisons. D'abord, lorsqu'ils sont accompagnés, les enfants ne décident pas nécessairement du site de traversée, ni du choix de la trajectoire empruntée sur la chaussée. De plus, les adultes qui les accompagnent ne sont pas concernés directement par l'échéance temporelle du début des cours, encore moins par l'éventualité d'une sanction. L'enjeu de temps a donc moins de chances d'être prépondérant à leur yeux. Le couple enfant-adulte est donc moins susceptible de prendre des risques, à l'approche du début des classes.

Il est plus étonnant en revanche de ne constater aucune baisse des comportements dangereux chez les enfants accompagnés, comparativement aux enfants seuls. Nos résultats montrent que les adultes accompagnateurs transgressent aussi des règles de sécurité. On peut supposer qu'ils le font soit parce qu'ils n'ont pas le sentiment de prendre des risques, du fait peut-être de leur expérience, de leur connaissance possible du site (les rues visées par cette étude n'ayant pas un trafic routier très élevé), soit aussi parce qu'ils n'ont pas souvent une attitude didactique visant, par leur exemple ou leurs explications à montrer les conduites sûres (Zeedick et Kelly, 2003).

Chapitre 6

Les choix adaptatifs dépendent donc bien des enjeux et pas forcément pour le meilleur

La première recherche a révélé que les enfants ont acquis, dès le CE2, la connaissance de la norme sociale passage piéton, ainsi que des avantages et inconvénients des trajets possibles au regard d'enjeux différents. La mise en relation de ce résultat avec les données exploratoires de Charron (2005) permet de penser que l'acquisition de cette norme débute avant 6 ans. La deuxième étude a établi que, en condition d'action sur le simulateur, les enfants répondent différemment selon les enjeux qu'ils ressentent et ce, en s'exposant plus au danger en situation d'urgence. La troisième expérience a montré que les enfants se comportent en grande partie selon les hiérarchies de priorités qu'ils établissent. Parmi les comportements dangereux étudiés, la trajectoire hors passage piéton et le fait de courir constituent bien des prises de risque volontaires ; en revanche, cela ne semble pas être le cas pour les défauts d'observation. Enfin, la dernière étude, bien que portant sur des enfants légèrement plus jeunes que dans les recherches précédentes, confirme dans le réel la possibilité d'une prise de risque et d'une plus grande exposition au danger de la part des enfants quand le temps presse, de même qu'une moindre maîtrise des prises d'informations visuelles, en pareilles circonstances.

Il semblerait qu'une partie des enfants de 10-11 ans ne sache pas encore regarder correctement pour traverser. Le reste y parvient grâce un contrôle volontaire, au prix cependant d'un effort coûteux. Le niveau de compétence atteint à cet âge reste en effet insuffisant pour exercer de manière automatique une bonne prise d'information, en particulier dans les situations d'empressement. D'où peut venir cette difficulté ? Les résultats obtenus à la dernière étude permettent d'exclure l'éventualité que les défauts de prise d'information soient spécifiques au monde simulé. Les prises d'information relèvent de composantes générales d'attention sélective comme l'orientation, le filtrage, la recherche et la préparation (Barton, 2006), qui ne sont pas explicitement développées dans les dispositifs pédagogiques. Les enfants-piétons ne sont donc peut-être pas suffisamment entraînés à chercher, à surveiller et à trouver les informations dont ils ont besoin pour traverser.

Conclusion

Au terme de cette première partie, on peut conclure que les enjeux privilégiés par le sujet, tels que nous les avons définis en introduction générale à partir du construit théorique du risque de Yates et Stone (1992), jouent un rôle déterminant dans l'adoption de comportements, pour faire face aux situations comportant des incertitudes. En accord avec les attentes, la mise en place par l'enfant d'une conduite adaptée pour un enjeu (l'urgence d'un déplacement) se traduit effectivement par un déclin de performance au regard de l'enjeu concurrent (la sécurité), non pas uniquement par défaut de compétence mais aussi — point important — en raison des arbitrages établis par l'enfant. Le cadre théorique de Yates et Stone (1992) semble donc intéressant pour étudier les processus décisionnels sous-jacent à la prise de risque.

En matière d'éducation piétonne, il n'est pas vain, dans les messages adressés aux enfants au sein des campagnes de prévention ou des dispositifs éducatifs, d'insister sur la nécessité de faire de la sécurité une priorité absolue, puisque, à ce sujet, les enfants ont un pouvoir de décision effectif comme le montrent nos résultats. Toutefois, la portée d'un tel discours ne peut être que limitée, car nous avons appris que l'observation correcte du trafic, pour la tâche de traversée, ne dépend pas uniquement du bon vouloir de l'enfant. L'entraînement et l'expérience s'avèrent donc particulièrement indispensables : il ne saurait y avoir de gestion satisfaisante du risque sans une prise d'information correcte. En référence au modèle de Hoc et Amalberti (2007), on pourrait développer chez les enfants des métacognitions qui tiendraient compte du risque important de défaut d'observation, afin qu'ils produisent systématiquement une recherche active d'information, quitte à renoncer à tout déplacement dans l'urgence. L'exercice répété de cette démarche active devrait conduire, à terme, à développer des automatismes peu coûteux cognitivement. Il serait alors plus facile pour les enfants de les solliciter en toutes circonstances. À cet effet, des mises en situation écologiques et régulières dans un environnement routier réel (voir par exemple Foot, Thomson, Tolmie, Whelan, Morrison et Sarvary, 2006) ou simulé (voir par exemple Aubert *et al.*, 2005 ; Tolmie *et al.*, 2002) seraient sans doute utiles.

Au delà du cas particulier des déplacements piétons, les études exposées dans cette partie ont montré que, face à une situation donnée, l'individu peut être confronté à plusieurs enjeux concurrents : le respect de la norme, la sécurité, le temps. En pareil cas, la priorité peut être donnée à un des enjeux au détriment des autres. Cette hiérarchie de priorités dépend du contexte qui peut rendre plus saillant un des enjeux au regard des autres mais aussi, très vraisemblablement, en fonction de la sensibilité de chacun. En effet, tous les enfants-piétons n'ont pas réagi de la même façon face à un contexte donné. Ainsi, dans notre dernière étude, tous ne se sont pas montrés préoccupés par le risque de retard de la même façon, lors de l'observation dans le monde réel car tous n'ont pas tenté d'aller plus vite à l'approche du début des classes. On peut donc supposer que l'individu dispose de sa propre échelle de valeurs qui existe préalablement à l'exposition à un contexte. Chaque individu n'accorde pas de façon générale la même importance aux différents enjeux. La hiérarchie de priorités entre les enjeux peut donc différer d'un sujet à l'autre.

Il convient donc d'approfondir les liens existants entre la hiérarchie de priorités initiale (avant l'exposition à un contexte), les variations de cette hiérarchie de priorités en cours d'activité selon le contexte, et la façon dont l'individu mobilise ses ressources cognitives en fonction d'une hiérarchie de priorités donnée. La partie suivante aborde ces questions, dans le domaine piéton et en ayant recours à une autre activité dynamique, le ski alpin.

Partie II
Enjeux et développement

Chapitre 7

Introduction sur les enjeux et le développement

Les recherches précédentes portant sur des enfants de 10-11 ans ont montré, au moyen de traversées de rues sur simulateur, que les enjeux ressentis, c'est-à-dire ce que le sujet pense, à tort ou à raison, pouvoir perdre ou gagner d'important à ses yeux dans l'action (ex. ne pas être en retard *vs* ne pas avoir d'accident), pouvaient conduire les piétons à prendre volontairement des risques (Charron, Festoc, Hairon et Petibon, 2008). Ce résultat a ouvert de nouvelles pistes de recherche. En effet, puisque les enfants choisissent délibérément d'agir différemment selon les enjeux, ils ne mobilisent pas à chaque fois les mêmes ressources cognitives et ne ressentent pas non plus les mêmes nécessités adaptatives. Il suffirait alors, qu'au cours de l'existence, des enjeux donnés se répètent suffisamment, soit du fait des circonstances (par exemple un emploi du temps qui crée une urgence chronique pour certains déplacements, ou un contexte qui, au contraire, incite fortement au respect régulier des règles), soit aussi en raison de la hiérarchie de priorités propre aux valeurs du sujet (par exemple par principe, je n'aime pas perdre du temps dans un déplacement *vs* il est essentiel de respecter le code quitte à y passer plus de temps), pour que germent des contrastes développementaux.

En effet, selon les enjeux, on peut s'attendre à ce que les individus n'aient pas les mêmes buts et donc que les constructions et les modifications nécessaires des compétences diffèrent en conséquence. Thill (1999) a en effet répertorié plusieurs études montrant que les buts d'apprentissage orientent non seulement la qualité des acquisitions mais aussi leur contenu. Ensuite, selon les enjeux les compétences mobilisées pourraient être différentes. Celles fréquemment sollicitées feraient alors l'objet d'assimilation accommodation (au sens défini par Piaget, 1936) et progresseraient. Quant aux autres, elles finiraient par s'atrophier car la sous-utilisation d'une capacité entraîne une perte d'efficacité de cette capacité (Baltes, Dittmann-Kohli et Kiegl, 1986; Craik et Byrd, 1982; Willis, 1987; cités par Marquié et Isingrini, 2001).

La première étude explore l'influence des priorités initiales sur les comportements ainsi que les conséquences développementales des enjeux, au moyen de l'observation d'une pratique répétée sur simulateur piéton. La deuxième recherche étudie les modifications de la hiérarchie des priorités entre enjeux au cours du développement ainsi que les variations de cette hiérarchie en fonction du contexte. Cette deuxième étude porte sur le ski alpin car cette activité permet de confronter de façon réelle les enfants et adolescents aux mêmes enjeux

concurrents que les déplacements piétons (respect des règles, sécurité, temps) tout en offrant l'avantage de pouvoir contrôler expérimentalement des niveaux de compétences et de sécuriser l'activité au moyen de l'encadrement apporté par des moniteurs de ski.

Chapitre 8

Hiérarchie de priorités, enjeux et développement

La présente étude¹ a pour objectif d'explorer dans quelle mesure les enjeux seraient susceptibles ou pas d'infléchir la modification des comportements juste par une simple répétition de l'activité. En effet, on sait depuis les travaux de Piaget (1936) que l'exercice et la répétition sont des facteurs de développement. On peut donc supposer qu'un enfant, à qui on demande explicitement d'aller vite (enjeu de temps), soit en mesure de prendre de plus en plus de risques au fur et à mesure que sa pratique augmente, comparativement à un autre enfant à qui on ne demanderait rien en particulier (enjeu neutre); inversement, un enfant à qui on demanderait d'être prudent (enjeu de sécurité), pourrait réduire notablement sa prise de risque avec l'entraînement. Telle est la première hypothèse. Pour la tester, des enfants qui ont été répartis en trois groupes avec chacun un enjeu différent (de temps, de sécurité ou neutre), ont effectué successivement huit tâches de traversées de rue en recevant, entre chaque tâche, des retours d'information. Compte-tenu des données présentées dans les chapitres précédents, montrant que certains comportements sont influençables par les enjeux (traverser hors passage piéton, courir sur la chaussée) et d'autres pas (prise visuelle d'information), la seconde hypothèse prédit que les enjeux n'affecteront que les comportements influençables. Les liens entre les comportements de traversée et le contrôle perçu, l'expérience piétonne, l'expérience en jeux vidéo ou les hiérarchies de priorités que l'enfant établit initialement entre aller vite, respecter le code de la route et se déplacer en sécurité, sont aussi testés mais de manière exploratoire, sans hypothèse préalable.

Méthode

Procédure générale

L'expérience a porté sur un échantillon de 78 enfants de 9-10 ans (45 garçons, 33 filles) provenant de trois classes de CM1. Tous ont d'abord répondu à un questionnaire. Cet outil évalue l'expérience piétonne des enfants, leur contrôle perçu, leur expérience des jeux vidéo et la hiérarchie de priorités qu'ils

1. Cette recherche a été publiée dans Charron et Jouanne (2010).

ont avant de débiter l'expérience (i.e. l'importance relative qu'ils accordent au temps de déplacement, au respect du code de la route ou à la sécurité). La semaine suivante, les enfants ont effectué individuellement, successivement et dans le même ordre, huit tâches de traversée de rue (variable essai) de difficulté équivalente, sur le simulateur RESPECT (Aubert, Charron et Granié, 2005 ; Charron, 2004). Les sujets étaient alors répartis en trois conditions expérimentales (avec 11 filles par groupe) qui différaient par l'enjeu suggéré par la consigne (variable enjeu). La consigne demandait toujours à l'enfant de progresser, en insistant soit sur l'atteinte seule de l'objectif (enjeu neutre), soit sur la nécessité de ne pas se faire renverser dans l'atteinte de l'objectif (enjeu de sécurité), soit sur l'importance d'atteindre l'objectif le plus rapidement possible (enjeu de temps). Pour chacune des huit tâches de traversée, l'objectif à atteindre se trouvait systématiquement de l'autre côté de la rue. L'enfant pouvait soit traverser directement la rue hors passage piéton sans faire de détour, soit faire un détour pour éventuellement emprunter un passage piéton. En faisant un plus grand détour, l'enfant avait aussi la possibilité d'atteindre l'objectif en traversant plusieurs rues à un carrefour. Dans tous les cas, la tâche plaçait le participant face à l'obligation de choisir entre privilégier le temps de parcours (traverser sans détour hors passage piéton) ou la sécurité (traverser sur un passage piéton au prix d'un détour).

Les enjeux et les essais

L'expérimentation sur simulateur débutait après une phase de familiarisation avec le matériel durant laquelle les enfants développaient une maîtrise satisfaisante des commandes (mouvements virtuels de la tête, déplacements en marchant et en courant). Afin d'augmenter la probabilité d'engagement des enfants dans l'activité proposée, ces derniers étaient laissés libres d'accepter ou non d'effectuer les tâches de traversée (Kiesler, 1971 ; Joulé et Beauvois, 1998 ; Guéguen et Pascual, 2000). Avant de réaliser la première traversée, une consigne suggérait un enjeu.

- Pour l'enjeu neutre, la consigne était : *"Ta mission est, à chaque fois, d'arriver à l'endroit que l'ordinateur va t'indiquer. C'est très important que tu arrives à l'objectif. A chaque situation, tu dois tenter de t'améliorer en atteignant de mieux en mieux l'objectif. Le temps que tu mets n'a aucune importance"*.
- Pour l'enjeu de sécurité, la consigne était la suivante : *"Ta mission est, à chaque fois, d'arriver à l'endroit que l'ordinateur va t'indiquer. C'est très important que tu aies le moins d'accident possible. A chaque situation, tu dois tenter de t'améliorer en prenant à chaque fois le moins de risque possible. Le temps que tu mets n'a aucune importance"*.
- Enfin, pour l'enjeu de temps la consigne était : *"Ta mission est, à chaque fois, d'arriver à l'endroit que l'ordinateur va t'indiquer. C'est très important que tu sois le plus rapide possible. A chaque situation, tu dois tenter de t'améliorer en allant à chaque fois le plus vite possible"*.

Le temps alloué à chaque essai était limité mais largement suffisant pour atteindre l'objectif. Les traversées à faire, bien que différentes les unes des autres

étaient de difficulté comparable du point de vue de la distance à parcourir, du rythme et du sens de la circulation automobile (venant toujours d'un seul côté) ainsi que de la distance où se situait le premier passage piéton.

Retours d'information sur les tâches réalisées

Pendant la réalisation des tâches de traversée, une barre de défilement indiquait en bas de l'écran le temps écoulé et celui restant. Lorsque l'enfant atteignait l'objectif une voix off signalait "*c'est fini, tu as accompli ta mission*". A la fin de chaque essai, le simulateur affichait de manière automatique et sans ostentation, le nombre d'imprudences, les défauts d'observation et les infractions commises. Comme le passage piéton était toujours situé à moins de 50 mètres, le fait de ne pas l'emprunter était signalé comme une violation du code de la route. La survenue d'un accident virtuel, quant à elle, se traduisait par l'arrêt immédiat de la simulation, accompagné de l'émission du son du choc contre la voiture. A aucun moment, l'expérimentateur ne demandait à l'enfant de prêter attention à ces feed-backs. Le sujet était donc libre de les prendre ou pas en considération.

Le questionnaire et les autres variables indépendantes

Le questionnaire comportait quatre parties toujours administrées dans le même ordre. La passation des parties 1 et 2 se faisait à l'oral et de manière individuelle. Les parties suivantes étaient administrées à l'écrit, en individuel pour la partie 3 et en passation collective pour la partie 4. La partie 1 mesurait l'expérience piétonne : faible (l'enfant ne vient jamais à pied à l'école), moyenne accompagné (l'enfant vient occasionnellement à pied à l'école et il est accompagné d'un adulte), moyenne seul (l'enfant vient occasionnellement à pied à l'école et il n'est pas accompagné d'un adulte), forte accompagné (en général l'enfant vient à pied à l'école et il est accompagné d'un adulte) et forte seul (en général l'enfant vient à pied à l'école et il n'est pas accompagné d'un adulte). La partie 2 évaluait la hiérarchie initiale de priorités. Pour cela, l'enfant devait choisir parmi trois propositions ("*faire ton trajet assez rapidement*", "*respecter le code de la route*", "*faire attention à ne surtout pas avoir d'accident*") celle qui était pour lui la plus importante et celle qui était la moins importante. La partie 3 mesurait le contrôle perçu sur une échelle continue de 10 cm, face à une tâche de traversée de rue présentée sur papier et comparable à celles du simulateur. Enfin, la dernière partie du questionnaire évaluait l'expérience de l'enfant en matière de jeu vidéo : aucune (l'enfant déclare ne jamais jouer à des jeux vidéo), faible (il joue aux jeux vidéo moins de trois fois par semaine), forte (il joue aux jeux vidéo trois fois par semaine ou plus). En plus des variables citées, la distance école-domicile a été relevée pour chaque enfant, en kilomètres. Cette distance est liée à l'expérience piétonne (rapport de corrélation = 0,34) : lorsque les enfants habitent loin, ils déclarent avoir une moindre expérience piétonne. La distance école-domicile constitue donc une mesure indirecte de l'expérience piétonne. Les relations entre les autres variables indépendantes, prises deux à deux, sont faibles (coefficients de corrélation inférieurs à 0,27

en valeur absolue) et non significatives. On peut donc considérer ces variables indépendantes comme étant quasiment orthogonales entre elles.

Mesures

Les performances

Pour chaque essai, on relève le temps (en secondes) mis pour atteindre l'objectif, la présence ou absence d'un accident virtuel et le nombre de traversées effectuées (en pratique de 0 à 2 bien que ce nombre ne soit pas limité par la simulation). Le temps nous renseigne sur l'urgence ressentie par le sujet : plus il est court et plus l'enfant se sent concerné par le besoin d'aller vite. Cette mesure sert à vérifier que les enjeux donnés par la consigne ont bien été pris en compte par le participant au cours de la passation. La présence d'accident ainsi que le nombre de traversées servent, quant à eux, à s'assurer *a posteriori* que les essais sont de difficulté comparable. Plus les valeurs de ces indicateurs sont élevées pour un essai donné et plus la difficulté est grande pour cet essai.

Les prises d'information

Différents comportements de prises d'information sont relevés : la prise d'information initiale, celles avant de traverser et pendant la traversée ainsi que la qualité suffisante de la prise d'information. La prise initiale d'information (cotée 1, son absence étant notée 0) a éventuellement lieu au tout début de la tâche. Elle consiste, avant tout déplacement, en un mouvement franc de la tête ou du corps (à gauche et/ou à droite) de plus de 45 degrés d'angle. Ce comportement est la marque d'une planification de l'activité de déplacement, d'une volonté d'anticiper les événements. Les prises d'information avant de traverser et pendant la traversée sont chacune cotées de la façon suivante : 1 si l'enfant regarde des deux côtés de la chaussée ou au moins du bon côté et 0 dans les autres cas. On estime enfin que la prise d'information est de qualité suffisante (cotée 1) quand l'enfant a eu dans son champ de vision, en l'absence d'obstacle (voitures, poteaux, *etc.*) et pendant plus d'une seconde les informations (la rue d'où les voitures arrivent) qui, d'un point de vue expert, sont nécessaires et suffisantes pour effectuer la traversée. Dans les autres cas, la prise d'information est jugée de qualité insuffisante (cotée 0).

Les comportements de traversée

Les comportements de traversée relevés correspondent à des prises de risque dont nous avons vu aux chapitres précédents que les enfants ont connaissance (Charron *et al.*, 2008). Il s'agit de la traversée hors passage piéton, de la traversée sans faire de détour et de la traversée en courant. La présence de chacun de ces comportements dangereux est codée 1 alors que l'absence est notée 0. Lorsqu'il y a plusieurs traversées, seule la première est prise en compte. Si, dans

le cas particulier des tâches proposées, traverser sans détour implique toujours de franchir la chaussée hors passage piéton, l'inverse n'est pas vrai. L'enfant peut faire un détour pour traverser, sans pour autant emprunter de passage piéton.

Méthodologie d'analyse des données

Avec le logiciel R (R Development Core Team, 2009), on cherche à prédire la valeur vraie probable de chaque variable dépendante X (mesurant une performance ou un comportement), à partir d'un ensemble aussi petit que possible de variables indépendantes (V_i) parmi toutes celles dont on dispose. En admettant que X suive une loi de probabilité donnée (binomiale pour les variables binaires, loi de poisson pour le nombre de traversées effectuées et normale pour le temps), on teste pour X l'ensemble des modèles linéaires généralisés que l'on peut construire². On retient le modèle qui est à la fois le plus vraisemblable et le plus parcimonieux, à partir de l'indice BIC (Bayesian Information Criterion, Schwarz, 1978) : plus la valeur de l'indice est petite et meilleur est le modèle. Le modèle retenu est donc celui qui a le plus petit BIC.

Résultats

Les modèles linéaires généralisés retenus sont donnés en annexe A avec leur BIC. Pour l'exposé des résultats, les figures présentent toujours les données observées. Lorsque le modèle retenu prédit une évolution au fil des essais, la prédiction est illustrée sous la forme de courbes incrustées sur la figure.

Prise en compte des enjeux et signification des essais

Les résultats (annexe A) montrent que le temps de parcours dépend essentiellement des enjeux et, pour une moindre part, de la distance école domicile. En effet, ce temps vaut en moyenne respectivement 35,36 sec, 38,41 sec et 47,44 sec pour les enjeux de temps, neutre et de sécurité. Comparativement à l'enjeu neutre, les enfants se sentent donc plus pressés pour l'enjeu de temps et moins pressés pour l'enjeu de sécurité. Les consignes ont donc bien été prises en compte par les enfants. Par ailleurs, le nombre de traversées (1,02 en moyenne)

2. Un modèle linéaire généralisé est un modèle de la forme $E(X|V_1, V_2, \dots, V_k) = h(\eta) = h(b_0 + b_1V_1 + b_2V_2 + \dots + b_kV_k)$ où V_1, V_2, \dots, V_k sont K variables indépendantes, h une transformation monotone avec une hypothèse conditionnelle sur X et $b_0, b_1, b_2, \dots, b_k$ sont des coefficients réels inconnus estimés à partir des données. Ces coefficients, dont les grandeurs sont comparables entre elles pour un modèle donné, indiquent avec quelle force et dans quel sens (positif ou négatif) chaque variable indépendante influence la valeur vraie de X via la fonction de lien h . Pour les données binaires, la fonction de lien est $h(\eta) = \frac{\exp(\eta)}{1 + \exp(\eta)}$. Pour le nombre de traversées, $h(\eta) = \ln(\eta)$ et, pour le temps, h est la fonction identité.

ainsi que la fréquence d'accidents (faible : 0,02) ne sont liés à aucune variable (les coefficients correspondants sont tous nuls). Cela signifie qu'aucun des essais ne laisse apparaître de difficulté particulière. Un effet de l'essai pourra donc être interprété comme une conséquence de la pratique sur le simulateur.

L'évolution des prises d'information

Concernant les prises d'information, en accord partiel avec notre seconde hypothèse, l'analyse des données montre que l'influence des enjeux se limite à la seule prise initiale d'information. La fréquence de cette dernière est de 0,72 pour l'enjeu de sécurité contre 0,58 pour les deux autres enjeux. La modélisation des données (annexe A) montre que l'enjeu de sécurité, avec un coefficient positif non nul, augmente la probabilité de prise initiale d'information alors que les enjeux neutre et de temps, qui ont des coefficients respectivement nul ou proche de 0, n'affectent pas ou peu cette probabilité. L'enjeu de sécurité amène donc les enfants à être plus anticipatifs qu'ils ne le sont avec les autres enjeux. Cette anticipation est par ailleurs corrélée positivement avec le contrôle perçu. Tout se passe comme si l'enfant devait disposer d'un contrôle perçu élevé pour prendre le temps de planifier son déplacement.

Par ailleurs, comme on l'attendait, les comportements de prise d'information, que ce soit avant la traversée ou pendant la traversée, restent indépendants des enjeux et de la hiérarchie initiale de priorités. Ils ne sont liés à aucune variable, comme en témoignent les coefficients nuls des modèles correspondants (annexe A).

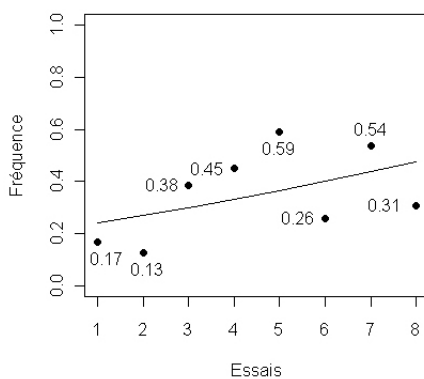


Fig. 8.1 Evolution de la qualité des prises d'information

La modélisation révèle aussi que la qualité de la prise d'information évolue positivement au cours des essais. La figure 8.1 illustre cette progression. Dans le même temps, on notera aussi que la qualité de la prise d'information, d'après la modélisation (annexe A), reste totalement indépendante de toutes les autres variables.

L'évolution des comportements

La traversée hors passage piéton

La modélisation (annexe A) a révélé que la probabilité de traverser hors passage piéton dépend de la pratique sur simulateur (essais), des enjeux, de la hiérarchie initiale des priorités et pas de l'expérience antérieure.

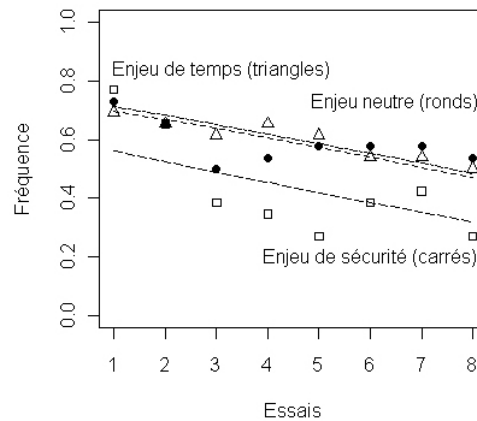


Fig. 8.2 Evolution des traversées hors passage piéton

La figure 8.2 expose l'évolution des traversées hors passage piéton en fonction des enjeux. Elle montre, en accord avec la seconde hypothèse, que la fréquence des traversées hors passage piéton est inférieure pour l'enjeu de sécurité à celles des autres enjeux. De plus, la fréquence baisse au fil de la pratique sur simulateur, avec une pente comparable pour les trois enjeux. En référence à la première hypothèse, cela signifie que les enjeux ne conduisent pas à traiter différemment, pour ce comportement, les feed-backs délivrés. Précisons que ce profil évolutif est le même pour chaque hiérarchie initiale de priorités.

La lecture détaillée de la modélisation (annexe A) révèle aussi que l'influence de la hiérarchie initiale de priorités sur la probabilité de traverser hors passage piéton est plus importante que celle des enjeux (les coefficients relatifs à la hiérarchie initiale de priorités sont plus grands en valeur absolue que ceux des enjeux).

La figure 8.3 dévoile les fréquences de traversées hors passage piéton en fonction de la hiérarchie initiale de priorités. L'observation de la figure 8.3 fait ressortir que la place accordée à la sécurité n'a pas de lien avec la traversée hors passage piéton. Ce comportement dépend plutôt de l'importance accordée au respect du code de la route par rapport au fait d'aller vite : lorsque le temps prime sur le code de la route, ce dernier étant jugé comme le moins essentiel, les traversées hors passage piéton baissent ; au contraire, lorsque le code de la route prévaut sur le temps, celui-ci étant relégué en dernière position, les traversées hors passage piéton augmentent. Ce sont donc les enfants qui accordent le moins crédit au respect du code de la route qui ont un comportement plus sûr.

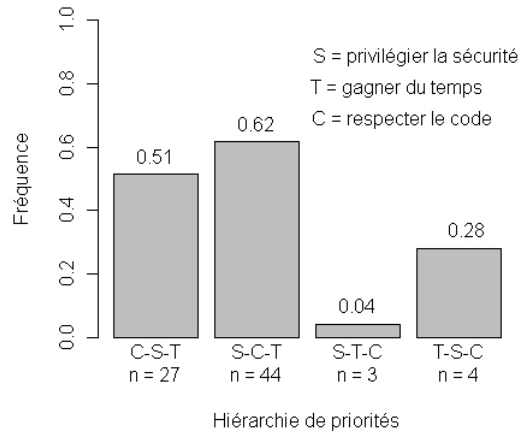


Fig. 8.3 Traversées hors passage piéton selon la hiérarchie initiale de priorités

La traversée sans détour

La structure des résultats relatifs à la traversée sans détour (annexe A) est en tous points similaire à celle de la traversée hors passage piéton qui vient d'être exposée, à une différence près : les expériences piétonnes et de jeu vidéo ont ici une incidence. Plus l'enfant a d'expérience en jeu vidéo et moins il traverse sans détour (les fréquences valant 0,61, 0,55, 0,48 respectivement pour les expériences "aucune", "faible" et "forte"). En revanche, la fréquence de la traversée sans détour n'est pas totalement proportionnelle à l'expérience piétonne. Les expériences élevées ("moyenne accompagné", "forte accompagné" et "forte seul"), sont associées à une plus forte fréquence de traversée sans détour que les autres (supérieure à 0,59 contre des fréquences inférieures à 0,50). L'expérience de jeu vidéo réduit donc la prise de risque alors que l'expérience piétonne tend plutôt à l'augmenter, dans des proportions diverses.

La traversée en courant

La modélisation (annexe A) montre que le fait de traverser en courant évolue au cours des essais et ne dépend que de l'interaction entre les essais et les enjeux. La figure 8.4 présente l'évolution des traversées en courant selon les enjeux. L'étude de cette figure indique que les enjeux produisent une évolution différenciée des comportements de traversées en courant, au fil de la pratique sur simulateur. Le nombre de traversées hors passage piéton n'augmente pratiquement pas pour l'enjeu de sécurité alors qu'il augmente régulièrement pour l'enjeu neutre et très fortement pour l'enjeu de temps. Ce résultat confirme pratiquement la première hypothèse. Si le progrès escompté pour l'enjeu de sécurité n'a pas eu lieu, le développement de la prise de risque sous l'effet de l'enjeu de temps a bien été observé. Pour l'enjeu de temps, la prise de risque est même devenue quasi-systématique (fréquences supérieures à 0,9) dans les

derniers essais. De son côté, comparativement à la condition neutre, l'enjeu de sécurité a eu un effet protecteur.

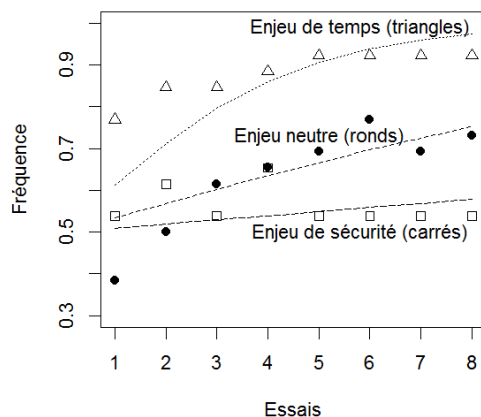


Fig. 8.4 Evolution des traversées en courant

Pour finir, si on met en relation le résultat de la figure 8.4 avec celui de la figure 8.2, on constate que les traversées en courant augmentent alors que, dans le même temps, celles qui se font hors passage piéton diminuent. Cette relation s'explique essentiellement par une augmentation régulière du nombre d'enfants qui traversent sur le passage piéton tout en courant alors que, dans le même temps, la proportion de ceux qui traversent sur le passage piéton sans courir baisse au fil des essais. Ce résultat est vrai pour chaque enjeu. Donc, au fur et à mesure que les enfants ont de la pratique sur le simulateur et qu'ils choisissent de respecter le code de la route en empruntant le passage piéton, ils essaient malgré tout, en courant, de ne pas trop sacrifier le temps de parcours, quitte à perdre un peu de sécurité lors de la traversée. La hiérarchie de priorités entre les trois enjeux change donc au cours de la pratique.

Discussion

On peut retenir cinq résultats essentiels. 1/ Les enjeux ont un effet sur les prises de risque liées aux comportements piétons mais pas sur les défauts de prises d'information avant et pendant la traversée. La qualité de la prise d'information lors de la traversée s'améliore graduellement avec la pratique, indépendamment des enjeux. La prise d'information initiale, quant à elle, est plus élevée pour l'enjeu de sécurité ou lorsque le contrôle perçu est important. 2/ L'expérience antérieure, piétonne ou en matière de jeux vidéo, a une incidence sur le choix de traverser ou non sans détour. 3/ Les enfants qui accordent initialement l'importance la plus faible au respect du code de la route sont ceux qui, paradoxalement, adoptent les comportements les plus sûrs. Cette dépendance est plus importante que celle relevée à propos des enjeux. 4/ Les enjeux influencent l'orientation du développement. 5/ De plus, la répétition

de l'activité amène une réorganisation inattendue de la hiérarchie de priorités entre les enjeux.

Le premier résultat de cette expérience, quant à lui, a confirmé les données antérieures (Charron *et al.*, 2008). Les enjeux ont une conséquence sur la prise de risque : les enfants adoptent plus de comportements dangereux lorsqu'il s'agit d'aller vite et moins lorsqu'ils doivent privilégier la sécurité. Cet effet ne porte que sur les comportements de traversée sans détour, hors passage piéton ou en courant mais pas sur les endroits où l'enfant regarde, à l'exception des prises d'information initiales. En référence au modèle de Hoc et Amalberti (2007), tout se passe comme si les enfants qui sont confrontés à l'enjeu de sécurité et qui ont le sentiment de maîtriser la situation (contrôle perçu élevé) adoptaient un mode de contrôle plus anticipatif que les autres, en planifiant l'activité et cela parce qu'ils en ont le temps. Ensuite, lors du déroulement de la tâche, les enfants choisissent leurs conduites de déplacement pour maximiser la performance qu'ils jugent acceptable en fonction du but privilégié (sécurité, temps ou atteinte de l'objectif). Les regards et leur qualité ne sont pas subordonnés aux finalités. Ils dépendent vraisemblablement du niveau d'habileté des enfants. L'amélioration de la qualité des prises d'information, du fait de son indépendance aux enjeux, semble plutôt s'apparenter à un apprentissage implicite, tel que définit par Perruchet (1988). Cependant, comme l'évolution de la qualité de la prise d'information n'est pas liée à l'expérience antérieure (piétonne ou de jeux vidéo), cet apprentissage semble plutôt être local. Ce serait la connaissance spécifique des lieux (virtuels dans le cas présent) qui permettrait à l'enfant de savoir où chercher l'information et non un schème général d'interprétation de l'espace routier facilement transférable d'une situation à l'autre, par exemple de la réalité à la simulation.

Néanmoins, d'après le deuxième résultat, l'enfant hérite dans le simulateur de ses pratiques antérieures. L'expérience en jeu vidéo conduit essentiellement les enfants à adopter plus fréquemment une traversée avec détour, ce qui est ici favorable à la sécurité. Il s'agit sans doute d'un effet de facilitation, possiblement dû au fait que les comportements de détour et d'exploration sont courants dans les jeux vidéos. Par ailleurs, une plus forte expérience piétonne, seule ou accompagnée, amène à plus de prises de risque. De prime abord, on pourrait s'étonner du fait que l'expérience ne soit pas un facteur protecteur. Cependant, les données d'observation de la quatrième étude, présentée dans la première partie du manuscrit, ont montré que, lors de déplacements réels vers l'école, il est fréquent de voir des enfants seuls ou accompagnés prendre des risques. L'habitude prise dans le réel de traverser au plus court sans se dérouter vers un trajet plus sûr semble donc être transférée à la simulation.

Le troisième résultat nous apprend que l'option comportementale privilégiée par l'enfant change selon sa hiérarchie initiale de priorités, celle propre à l'enfant plus que celle induite par la consigne. L'enjeu induit par la consigne pèse donc moins dans le choix des comportements que l'enjeu qui est intrinsèquement dominant pour les individus. Paradoxalement, ce sont les enfants qui accordent le moins d'importance au code de la route qui le respectent le plus. Ils le font donc plus par souci de sécurité que du respect des règles. Les enfants de cet âge savent en effet que le passage piéton est une ressource pour minimiser le risque d'accident (Charron *et al.*, 2008). Or, si on veut aller vite tout en atteignant son objectif, ne pas avoir d'accident s'avère être une pré-condition essentielle.

On peut en déduire qu'il vaut mieux insister, dans les dispositifs éducatifs, sur l'intérêt d'utiliser le passage piéton pour la sécurité plutôt que pour se conformer à la norme légale.

Le quatrième résultat, conformément aux attentes, a exhibé un effet des enjeux sur l'orientation du développement. Sans enjeu particulier (condition neutre), la traversée en courant tend à augmenter régulièrement, au fil de la pratique. L'enjeu de sécurité ralentit ce développement alors que l'enjeu de temps, bien au contraire, l'accélère. Par quel(s) ressort(s) les enjeux ont-ils eu une telle incidence sur le développement ? A l'issue de chaque essai, les enfants ont tous bénéficié de retours d'informations, délivrés automatiquement par le simulateur. Cependant, ces retours dépendaient des actions des sujets. Comme ces dernières ont différé dans les trois conditions, les enfants n'ont pas tous eu les feed-backs en même quantité. Dès le départ, les participants de la condition enjeu de temps ont eu plus de signalements d'infractions et de comportements imprudents que les autres avec une meilleure évaluation du temps. Ceux du groupe enjeu de sécurité ont eu moins de signalements d'infraction et d'imprudence et une évaluation du temps plus défavorable.

Si, quel que soit leur enjeu, tous les enfants tenaient compte de tous les retours d'informations, ils auraient dû corriger leurs comportements dans un sens allant vers une réduction des évaluations les plus défavorables. Ceux de l'enjeu temps seraient devenus plus prudents et plus respectueux du code de la route. Les enfants de l'enjeu sécurité auraient commencé à aller plus vite. Comme c'est le contraire qui s'est produit, les enfants ont sélectionné les retours d'informations et ont choisi d'améliorer uniquement le critère de performance retenu. Les participants de l'enjeu de temps, ont optimisé leurs conduites en adoptant au fil du temps des comportements plus favorables à la vitesse, comme le fait de courir en traversant. Ceux de l'enjeu sécurité, au contraire, se sont interdits le recours à cette pratique. Enfin, pour compenser le surcroît de danger dû à la course sur la chaussée, les enfants du groupe enjeu de temps ont emprunté de plus en plus souvent le passage piéton. Les enjeux semblent donc orienter le développement au moyen du mécanisme de "Sélection Optimisation Compensation" (SOC), décrit par Baltes, Staudinger et Lindenberger (1999) pour expliquer le caractère chaotique et les différences individuelles du développement cognitif tout au long de la vie. On peut ajouter également, au vu du premier résultat, que l'influence développementale des enjeux concerne uniquement les mécanismes d'apprentissage explicites liés aux fonctions exécutives, puisque les enjeux n'ont eu aucun effet sur le développement de la qualité des prises d'informations.

Enfin, le dernier résultat important a révélé un remaniement de la hiérarchie interne des priorités entre les enjeux. Graduellement, pour tous les enfants, l'usage du passage piéton a gagné en importance, au fil de la pratique. Les enfants intègrent tous, au cours des essais, l'exigence du respect du code de la route, parfois devant celle de la vitesse, tout en essayant, en courant, de ne pas renoncer à cette dernière. Pour ceux du groupe enjeu de temps qui courent le plus en traversant, le gain de sécurité apporté par le passage piéton est annulé par la course. Tout se passe comme si les enfants de ce groupe tentaient de garder constant leur niveau de risque. Ce résultat est compatible avec le modèle de l'homéostasie du risque (Wilde, 1982) souvent utilisé pour rendre compte des décisions dans un contexte de risques routiers (Assailly,

1997; Pérez-Díaz, 2003). Pour chacun des trois enjeux, les enfants se donnent donc des critères de performance qu'ils jugent acceptables (en référence au modèle de Hoc et Amalberti, 2007) et dont ils font évoluer au fil du temps la hiérarchie de priorités.

Un des motifs de cette évolution réside sans doute dans le développement des compétences. En effet, les enfants sans enjeu ont régulièrement augmenté leur prise de risque alors que, dans le même temps, leur habileté dans la qualité des prises d'information a objectivement progressé. Devenus plus capables de détecter le danger, les enfants s'autoriseraient une plus grande prise de risque. Si la recherche présentée nous a appris que l'enjeu dominant oriente le développement ; le développement pourrait, en retour, modifier l'ordre de priorités établi entre enjeux voire les enjeux eux-mêmes.

Chapitre 9

Variations des priorités entre les enjeux selon le contexte et le développement

Il s'agit donc à présent d'approfondir l'étude du lien existant entre les hiérarchies de priorité et le développement des compétences¹. Pour ce faire, le cas du ski-alpin offre une opportunité d'investigation intéressante. Au moins trois raisons peuvent être avancées.

En premier lieu, si on rejette l'opposition entre "pratique" et "conceptuel" pour différencier des systèmes de connaissances, comme le fait à juste titre Mounoud (1970, 1994), étudier les compétences en ski alpin constitue un exemple généralisable car il existe beaucoup de similitudes entre l'apprentissage du ski et l'apprentissage dans d'autres domaines. Dans les régions montagneuses régulièrement enneigées, le ski est une discipline culturellement valorisée au même titre que les apprentissages scolaires. L'enseignement du ski y fait l'objet d'une instruction intentionnelle (délivrée en dehors des temps scolaires) par différentes écoles de ski (Jeancenelle, 2003). De ce point de vue, cette discipline est comparable à la sécurité routière enseignée dans les écoles.

En second lieu, à l'instar des disciplines scolaires, l'enseignement du ski est structuré par des programmes nationaux. En France, ce programme est décrit dans le Mémento de l'enseignement du ski français (Ecole Nationale de Ski et d'Alpinisme, 2000). Il contient un référentiel permettant de clairement repérer et de nommer le niveau de compétences d'un pratiquant, en fonction des techniques qu'il est capable d'utiliser et du degré de maîtrise des dites techniques. Le développement est ainsi hiérarchisé par les niveaux "flocon", "première étoile", "deuxième étoile", "troisième étoile", "étoile de bronze", et "étoile d'or", qui sont ici cités par ordre de croissance. Grâce à ce référentiel et au fait que les comportements en ski rendent visibles la compétence, il est plus facile de distinguer les niveaux de compétence en ski qu'en matière de déplacements piéton.

En dernier lieu, en compétition – pratique courante dans le cadre de l'enseignement – le ski confronte de façon écologique les non-experts (comme par exemple les deux étoiles et les trois étoiles) exactement aux mêmes enjeux concurrents que les piétons : la sécurité (éviter les chutes ou les collisions), la norme (respecter les trajectoires imposées), le temps (viser le plus court temps de descente). En effet, si le skieur préfère ne pas chuter, il faudra qu'il ralentisse. Cela pénalisera nécessairement l'obtention d'un temps de descente court.

1. Le travail présenté dans ce chapitre a été exposé dans Charron et Jeancenelle (2007).

S'il tient d'abord à respecter la trajectoire imposée, qui réclame de passer au plus près d'un piquet ou d'un arbre pour tourner, il ne pourra pas dans le même temps minimiser le risque de collision, en évitant ou en s'écartant des points tournants (piquets ou arbres). Enfin, s'il veut surtout aller vite, du fait de sa non maîtrise totale des techniques de ski, le sujet s'exposera à une plus grande probabilité de chute et de non respect de la trajectoire (par exemple en manquant un point tournant par excès de vitesse avant le virage). La sécurité, le respect de la norme et le temps font donc l'objet d'un dilemme car le skieur ne peut pas simultanément minimiser les risques relatifs à ces trois enjeux. De ce fait, le sujet doit nécessairement établir un ordre de priorité. Or, c'est justement cet ordre de priorité qui constitue ici notre objet d'étude, en lien avec les niveaux de compétence.

L'objectif est de découvrir comment varie la hiérarchie de priorités entre les enjeux, selon le niveau de développement des compétences et selon le contexte. D'un point de vue méthodologique, l'importance accordée aux différents enjeux peut se déduire à la fois des performances (les conséquences des actions en termes de temps, de chute ou de violation de trajectoire imposée) et des comportements (de recherche d'équilibre, de recherche de vitesse ou de tentative de ralentissement). Conformément aux résultats obtenus à l'étude précédente, on s'attend à ce que l'importance accordée au temps comparativement aux autres enjeux augmente avec le niveau de compétence, telle est la première hypothèse.

En ce qui concerne le contexte, le risque de perdre du temps est plus fort dans une tâche de slalom qui impose plusieurs freinages pour virer autour de points tournants que dans une tâche de braquage qui ne demande qu'un seul freinage à l'issue d'une descente (trace directe). Pour la sécurité, l'éventualité de dommages en cas de collision est plus forte lorsque la tâche (de slalom ou de braquage) a lieu en contexte naturel autour d'arbres ou de poteaux qu'en contexte artificiel autour de piquets peu épais.

Dans nos études précédentes, c'est la consigne et/ou l'accumulation de la demande qui induisaient l'importance à accorder à un enjeu plus qu'à un autre. Ici, on suppose que ce sont les risques associés au contexte qui vont induire la prépondérance d'un enjeu. On s'attend à ce que les skieurs accordent plus d'importance à la sécurité lorsque le risque pour la sécurité sera fort et plus d'importance au temps lorsque le risque pour la sécurité sera faible. Telle est la seconde hypothèse.

Méthode

Procédure générale

L'étude a porté sur 28 enfants ou adolescents formés selon la méthode de l'école du ski français et issus d'un même ski club de Haute-Savoie. Selon leur niveau de compétence (deux étoiles *vs* trois étoiles), les sujets ont été répartis en deux groupes d'effectifs égaux (respectivement âges moyens de 7 ans, 1 mois

et de 10 ans et 8 mois²). Encadrés par leurs moniteurs de ski habituels, ils ont participé à un jeu-concours consistant, le plus vite possible, à descendre des pistes, en respectant le trajet imposé. Tous ont passé quatre épreuves, dans un ordre contrebalancé, issues du croisement des facteurs vitesse (forte, trajet face à la pente *vs* faible, trajet ralenti par un slalom) et risque de collision (fort, parcours entre des arbres ou poteaux *vs* faible, même parcours entre des piquets). Les épreuves ont été chronométrées et filmées.

Dans l'une des tâches (condition Vitesse faible), le sujet devait effectuer un slalom (traces directes entrecoupées d'un virage à gauche puis d'un virage à droite). Dans l'autre (condition Vitesse forte), il devait réaliser un braquage (une trace directe de même dénivelé que le slalom). Dans un cas, appelé contexte naturel (condition Risque fort), la tâche était effectuée entre un poteau télégraphique en bois, un arbre et des arbustes. Dans l'autre cas (condition Risque faible), dit contexte artificiel, la tâche se faisait entre des piquets plantés selon une configuration géométrique identique à celle du contexte naturel. La pente et les conditions d'enneigement étaient similaires dans les deux contextes.

Procédure détaillée

Description du site

Les deux contextes se trouvaient à 150 m environ l'un de l'autre sur le même flanc de montagne, approximativement à la même altitude³. La pente, mesurée à l'aide d'une boussole topoforestière, était de 40,5° dans les deux cas. La figure 9.1 représente de façon schématique le plan du site, commun aux deux contextes, ainsi que le tracé des deux tâches.

Sur la figure 9.1, les points A, D et D' représentent des piquets. Dans le contexte naturel, le point B était un poteau téléphonique en bois, le point C un arbre au tronc élancé et vertical (diamètre ≈ 45 cm) et les points B' et C' étaient des arbustes dépassants de 1 m environ au dessus de la neige. Dans le contexte artificiel, les points B' et C' étaient des piquets et les points B et C des paires de piquets écartés de la même longueur que le diamètre respectif du poteau téléphonique et de l'arbre. Dans les deux contextes, des aires d'attente et une zone de départ étaient matérialisées au sol par de la sciure de bois. Les aires d'attente faisaient 30 m² chacune. Elles se trouvaient à droite en amont de A et à gauche en aval de D'. La zone de départ, quant à elle, faisait 2,5 m \times 4 m. Elle se trouvait juste au dessus de A, à 2 m à droite.

2. Dans le groupe des deux étoiles, les sujets étaient âgés de 5 ans 11 mois à 12 ans 1 mois. Le groupe des trois étoiles comprenait des enfants et des adolescents de 7 ans 1 mois à 15 ans 10 mois. Bien qu'il y ait une confusion entre les facteurs âge et niveau de compétence, en matière de ski alpin, il existe un consensus sur le fait que c'est le niveau de maîtrise des techniques qui produit la façon de skier plus que l'âge biologique.

3. L'expérience s'est déroulée sur le site "Le Fieugy", lieu-dit du village des Villards sur Thônes situé à 780 mètres d'altitude en Haute-Savoie. Ce site a été choisi notamment en raison de son ensoleillement modéré assurant un manteau neigeux suffisant malgré la faible altitude. Lors de la passation des épreuves (entre 10h et 12h ou entre 14h et 16h), la visibilité était supérieure à 10 km et la température était comprise entre -2°C et +18°C. Le ciel était bleu ou légèrement couvert. Il n'a ni plu, ni neigé. Le site était fermé au public.

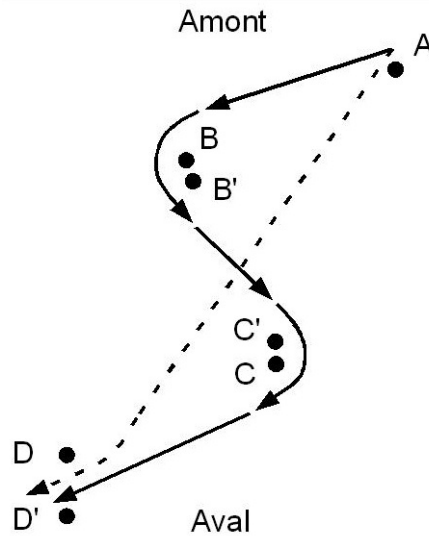


Fig. 9.1 Représentation schématique du site et du tracé des deux tâches. Les flèches continues représentent les traces directes et les virages du slalom. La flèche pointillée représente la trace directe du braquage. On a $[AB] = [BC] = [CD] = 25 \text{ m}$; $[AC] = [BD] = 35 \text{ m}$. $[BB'] = [CC'] = 2,5 \text{ m}$. $[DD'] = 6,75 \text{ m}$. $(\widehat{ABC}) = (\widehat{BCD}) = 90^\circ$. $(\widehat{BAC}) = (\widehat{DBC}) = 45^\circ$. $(\widehat{BAB'}) = 4,57^\circ$. $(\widehat{BCD'}) = 23,78^\circ$. Les angles entre $[CD]$ et l'horizontale et $[AB]$ et l'horizontale font tous les deux 23° .

Déroulement matériel des épreuves

Chaque sujet était équipé d'un dossard numéroté. La passation avait lieu à l'heure habituelle des cours de ski. Les sujets étaient informés qu'ils participaient à une succession d'épreuves chronométrées pour les besoins d'une étude. Aucun feed-back de temps ou de classement n'était donné aux sujets durant les passations. Avant de passer une épreuve, le sujet attendait, accompagné d'un expérimentateur, dans l'espace d'attente du haut. Le sujet ne pouvait pas apercevoir le parcours proposé depuis ce lieu. Lorsque le sujet s'appropriait à passer une épreuve, il s'avancé dans la zone de départ bien en vue du parcours, sur demande d'un autre expérimentateur. Là, l'expérimentateur de la zone départ exposait à l'enfant la consigne de l'épreuve. Lorsque l'enfant manifestait une bonne compréhension de la consigne, l'expérimentateur lui demandait s'il était prêt et donnait le top départ.

En bas du parcours, dans l'aire d'attente aval, un autre expérimentateur rassemblait les sujets qui venaient de passer l'épreuve. Sur le bord de la piste, à l'extérieur du parcours, un expérimentateur veillait. En cas de besoin, cet expérimentateur damait manuellement la piste ou redressait les piquets (dans le contexte artificiel). Il se tenait prêt également à aider les sujets à se relever en cas de déchaussement des skis ou de blessure. Cependant, son intervention auprès des sujets ne fut pas nécessaire. Enfin, un dernier expérimentateur placé sous le point C à hauteur de D', filmait chaque descente. Le chronométrage du temps de descente se faisait entre le top départ et le passage de l'arrivée entre D et D'. Il était effectué simultanément par l'expérimentateur de la zone

départ et un autre se situant dans l'axe DD' qui communiquaient entre eux par talkie-walkie. La passation d'une épreuve était donc encadrée par un total de 6 expérimentateurs (2 dans les aires d'attente, 1 dans la zone de départ, 1 sur le bord de la piste, 1 à la caméra et 1 à l'arrivée).

En début de matinée (9h30) ou d'après-midi (13h30), avant que les sujets ne passent une épreuve, 3 ouvriers (éducateurs) passaient systématiquement l'épreuve à tour de rôle pour établir un temps de référence (moyenne de leurs temps de descente).

Description détaillée des épreuves et des consignes

Vitesse faible Risque fort – Le sujet doit effectuer un slalom dans le contexte Naturel. Le parcours à effectuer est représenté par les flèches continues sur la figure 9.1. Partant de la zone de départ en A, il s'agit de faire une trace directe vers B, de virer autour de B, de poursuivre par une trace directe vers C, de virer autour de C puis de finir par une trace directe qui passe entre D et D'. La consigne est : "*Tu es dans l'aire de départ. Tu dois faire un slalom autour de ce poteau là [l'expérimentateur pointe du doigt le point B] puis de cet arbre là [en montrant le point C] et passer entre les deux piquets en bas [en pointant D et D']*". L'expérimentateur demande ensuite au sujet de lui répéter la consigne et de lui montrer le parcours. Le cas échéant, l'expérimentateur énonce à nouveau la consigne. Après une réponse correcte du sujet, il poursuit. "*Si tu tombes, tu te relèves et tu poursuis le parcours. Est-ce que tu es prêt ?*". Après une réponse affirmative du sujet, l'expérimentateur donne le top départ.

Vitesse forte Risque fort – L'épreuve est un braquage à effectuer en contexte naturel. Le tracé de ce parcours est représenté par la flèche pointillée sur la figure 9.1. Il consiste en une trace directe qui part de la zone de départ A et finit entre D et D'. La consigne est : "*Tu es dans l'aire de départ. Tu dois aller jusqu'à l'aire d'arrivée en bas, sans faire de virages, en passant entre les deux piquets du bas [l'expérimentateur montre D et D']*". L'expérimentateur demande ensuite au sujet de lui répéter la consigne et de lui montrer le parcours. Le cas échéant, l'expérimentateur énonce à nouveau la consigne. Après une réponse correcte du sujet, il poursuit. "*Si tu tombes, tu te relèves et tu poursuis le parcours. Est-ce que tu es prêt ?*". Après une réponse affirmative du sujet, l'expérimentateur donne le top départ.

Vitesse faible Risque fort – Cette épreuve consiste en un slalom qui se déroule dans le contexte artificiel. Le parcours demandé est le même que dans l'épreuve Slalom Naturel. La consigne est identique à celle du Slalom Naturel, les mots "poteau" et "arbre" étant remplacés par "piquet".

Vitesse forte Risque faible – On demande au sujet d'effectuer un braquage dans le contexte artificiel. Le parcours demandé est le même que dans l'épreuve Braquage Naturel. La consigne est identique à celle du Braquage Naturel.

Analyse des risques objectifs

Dans la condition Vitesse faible (slalom), le skieur a plus de chances de perdre du temps que dans la condition Vitesse forte. En effet, en slalom, le

skieur doit effectuer une plus grande distance, répartie en trois traces directes ([AB], [B'C'] et [CD]) chacune orientée moins dans la pente que l'unique trace directe ([AD]) du braquage. De plus, il faut freiner trois fois en slalom pour tourner (avant B, C' et D), contre une seule fois (avant D) en braquage.

La condition Vitesse faible présente également un risque pour la sécurité plus élevé que la condition Vitesse forte car les opportunités pour entrer en collision avec un point tournant sont plus nombreuses en slalom (trois points tournants) qu'en braquage (un seul point tournant).

Par ailleurs, le risque est toujours plus élevé en condition Risque fort car les possibilités de dommages en cas de collision avec un point tournant y sont toujours plus fortes qu'en condition Risque faible (contexte artificiel). En effet, les arbres et le poteau ont une masse plus importante que les piquets. Ils ne risquent pas de fléchir en cas de collision avec un skieur, contrairement aux piquets.

Les raisons objectives de chuter, quant à elles, sont comparables dans toutes les tâches. Les tâches sont donc toutes équivalentes du point de vue du risque de chute.

Objectivement, il ressort donc que l'épreuve Risque fort Vitesse faible est à la fois la plus dangereuse pour la sécurité et aussi celle qui risque de faire perdre le plus de temps. A l'inverse, l'épreuve Risque faible Vitesse forte est objectivement la moins dangereuse de toutes et celle où le risque de perdre du temps est aussi le plus faible.

Analyse des risques subjectifs

Les skieurs peuvent néanmoins avoir une lecture des risques différente de celle qui émane de l'analyse objective. En effet, les skieurs non aguerris ont parfois peur de la vitesse. Ils s'imaginent souvent qu'en allant vite, ils ont plus de chances de chuter ou de se faire mal en tombant. Dans ce cas, la condition Vitesse forte peut être subjectivement perçue comme présentant un risque plus important pour la sécurité.

Mesures et interprétation

Performances

La performance de chaque sujet a été mesurée au moyen de trois variables dépendantes : le rapport de temps (temps de descente du sujet rapporté au temps de référence de la même demi-journée de passation), la conformité de la trajectoire à la consigne (0 = conforme, 1 = non conforme) et la présence éventuelle d'une chute (0 = pas de chute, 1 = chute).

Rapport de temps – Nous avons utilisé le rapport de temps plutôt que le temps de descente, afin de comparer les deux tâches et pour neutraliser, dans une certaine mesure, les variations de temps dues à la modification de l'état de la neige entre les moments de passation. Cette variable nous renseigne sur

l'importance accordée au temps qui sera d'autant plus grande que la valeur sera faible.

Trajectoire – Nous avons considéré que la trajectoire était non conforme à la consigne lorsqu'elle comportait au moins un des éléments suivants (100% d'accord inter-juge) : un ou des virages dans une trace directe, des virages ailleurs qu'autour des points B et C et un passage final en dehors du segment [DD'] (voir la figure 9.1). Dans tous les cas, les trajectoires non-conformes ont augmenté la distance parcourue au sol. Cette variable nous renseigne sur l'importance accordée au respect de la règle (enjeu normatif) qui sera d'autant plus grande que la valeur sera faible, si la violation de trajectoire n'est pas consécutive à un déséquilibre.

Chute – Enfin, on a considéré que le sujet a chuté dès lors que son buste a touché terre. Dans une épreuve donnée, il n'y a jamais eu plus d'une chute chez un même sujet. Aucune collision n'est survenue. L'importance accordée à la sécurité sera plus grande lorsque le nombre de chutes sera plus faible. Cela voudra dire que le skieur a pris moins de risques.

Pour chacune de ces trois variables dépendantes, plus la valeur est faible et meilleure est la performance. Comme ces critères de performance peuvent difficilement être améliorés simultanément, le critère de performance qui aura le plus baissé d'une épreuve à l'autre indiquera l'enjeu qui aura été privilégié par le skieur. Il faudra donc tenir compte de la co-variation entre ces variables et entre les épreuves, pour conclure sur les enjeux.

Comportements

Les comportements observés de chaque sujet ont été retranscrits, lors du dépouillement vidéo, par des relevés de la position des skis, des jambes, du buste, et des bras (voir les tableaux de l'annexe B). Les relevés ont été effectués au milieu de chaque trace directe et lors des deux virages pour le slalom (5 relevés par slalom) et au milieu du parcours pour le braquage (1 relevé par braquage), soit 12 relevés par sujet. Les arrêts sur image permettaient d'obtenir un accord inter-juge très proche des 100% avant toute concertation et total après discussion entre codeurs. Un relevé plus fréquent des comportements n'apportait pas de bénéfice supplémentaire dans l'analyse, au regard de la question investie dans cette recherche.

Comportements reliés à l'enjeu de temps – Parmi les comportements relatifs à la position des skis, des jambes et du buste, on distingue des comportements de recherche de lenteur et d'autres de recherche de vitesse (voir en annexe B les tableaux 12.4, 12.5 et 12.6). L'importance accordée à l'enjeu de temps est plus grande lorsqu'il y a plus de comportement de recherche de vitesse et moins grande lorsque les comportements de recherche de lenteurs sont les plus nombreux. La recherche de lenteur apporte un bénéfice aussi pour la sécurité.

Comportements reliés à l'enjeu de sécurité – En ce qui concerne les bras, les comportements de recherche d'équilibres (annexe B tableau 12.7), lorsqu'ils sont les plus nombreux, nous donnent une indication d'une plus grande importance accordée à l'enjeu de sécurité.

Résultats

Performances obtenues selon le niveau, les tâches et les contextes

La figure 9.2 présente, pour chacune des épreuves, les moyennes des performances obtenues par les deux étoiles et les trois étoiles. Pour tenir compte des liens mutuels entre les variables dépendantes, une analyse multivariée des comparaisons (Lecoutre, 1984, 1996) a été réalisée pour le plan expérimental $S_{14} < N_2 > * V_2 * R_2$ où S = skieur, N = niveau, V = vitesse (forte en braquage *vs* faible en slalom) et R = risque (fort en contexte naturel *vs* faible en contexte artificiel), avec le logiciel PAC (Lecoutre et Poitevineau, 2005). Cette méthode permet, à partir d'un modèle d'échantillonnage, de conclure en terme d'importance des effets parents en les associant à une certaine garantie (nous reprenons la garantie bayésienne usuelle 0,90). La grandeur des effets est estimée ici à partir des effets calibrés (effets rapportés à leurs écart-type, notés l/s pour l'échantillon et λ/σ pour les effets parents). Conformément aux critères proposés par Rouanet (1996), on admettra qu'un effet est négligeable s'il est inférieur ou égal à 1/3, médian s'il est compris entre 1/3 et 2/3 et notable s'il est strictement supérieur à 2/3. Les résultats sont exposés dans le tableau 9.1.

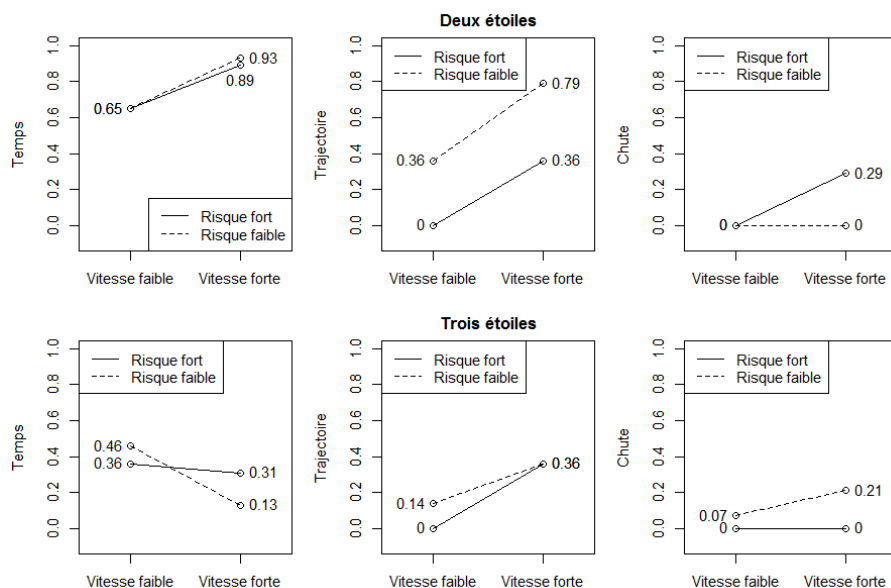


Fig. 9.2 Moyennes des performances observées aux épreuves selon le niveau : à gauche les Deux étoiles, à droite les Trois étoiles. Les sujets ayant mis systématiquement plus de temps pour descendre que les ouvriers, leurs rapports de temps sont systématiquement supérieurs à 1 (mais inférieurs à 2). Pour faciliter la représentation graphique, nous avons ici retranché la valeur 1 aux rapports de temps. Cette soustraction ne change rien à l'interprétation des données.

L'examen de la figure 9.2 et l'étude du tableau 9.1 confirment l'existence des niveaux de compétences puisque les trois étoiles sont plus performants que les deux étoiles, leurs performances étant meilleures dans l'ensemble (i.e. les valeurs observées sont plus faibles). Cependant, les trois étoiles chutent autant que les deux étoiles. Comme les trois étoiles sont plus compétents, cela veut dire qu'ils ont pris plus de risques que les deux étoiles, ce qui confirme la première hypothèse.

Par ailleurs, l'interaction globale entre les facteurs Vitesse et Risque est négligeable. Il existe néanmoins des interactions entre ces facteurs et le niveau. Les résultats sont donc examinés par niveau de compétence.

Tableau 9.1 Analyse multivariée des comparaisons

Source	Analyses descriptives				Analyses inductives		
	Temps	trajec.	Chute	l/s	ddl ^e	F	$ \lambda/\sigma $
N	-1,64	-0,48	-0,01	0,98 ^a	16,39	5,39***	> 0,71 ^a
V.R	-0,19	-0,03	-0,12	0,13 ^c	15,38	0,39	< 0,33 ^c
V/n ₁	0,27	1,36	0,64	0,88 ^a	11	9,21***	> 0,61 ^b
V/n ₂	-2,35	1,30	-0,44	1,57 ^a	11	29,37***	> 1,13 ^a
R/n ₁	-0,04	-0,76	0,47	0,52 ^b	11	3,15*	> 0,34 ^b
R/n ₂	0,33	-0,20	-0,58	0,40 ^b	11	1,90	> 0,26 ^d
V.R/n ₁	0,14	-0,09	-0,73	0,43 ^b	11	2,23	> 0,28 ^d
V.R/n ₂	-1,60	-0,14	0,55	0,98 ^a	11	11,41***	> 0,68 ^a

Note. N = Niveau (n₁ = Deux étoiles, n₂ = Trois étoiles); V = Vitesse (vitesse + *vs* vitesse -); R = Risque (fort *vs* faible). Temps, Trajec. et Chute désignent les effets calibrés observés respectivement pour les rapports de temps, les trajectoires non-conformes et les chutes. l/s est l'effet calibré observé global. La borne de $|\lambda/\sigma|$ est calculée avec la garantie bayésienne usuelle de 0,90.

^anotable. ^bmédian ou au moins médian (pour les analyses inductives). ^cnégligeable.

^dl'information expérimentale est insuffisante pour conclure. ^ele premier degré de liberté vaut systématiquement 3.

* $p < .10$. ** $p < .05$. *** $p < .01$.

Les deux étoiles, en condition Vitesse forte, comparativement à la condition Vitesse faible, réagissent comme si la vitesse était pour eux la principale source de risque : ils ralentissent en augmentant leur temps de descente, ils respectent moins la trajectoire et chutent plus. Le temps de descente ainsi que les violations de trajectoires augmentant, les chutes des deux étoiles ne peuvent pas être imputées à une prise de risque mais plutôt à un manque de maîtrise du ski. Tout se passe comme si, les deux étoiles réduisaient simultanément l'importance accordée aux enjeux de temps et de norme, au bénéfice de la sécurité, dès qu'ils jugent important le risque de chute. Ce résultat est donc compatible avec la seconde hypothèse à ceci près que c'est le risque subjectif qui produit un effet et non le risque objectif. Par ailleurs, la comparaison des deux conditions du risque montre que les deux étoiles agissent comme si le contexte naturel (Risque fort) présentait à leur yeux moins de danger que le contexte artificiel (Risque faible) puisqu'ils y violent moins souvent la trajectoire imposée et y chutent plus. Leurs seules chutes sont d'ailleurs constatées en Risque fort Vitesse forte (mais ce résultat ne peut pas être généralisé). Les deux étoiles semblent donc agir comme s'ils jugeaient plus risqué le contexte artificiel, alors qu'objectivement il est plus sûr.

Les trois étoiles, quant à eux, semblent considérer également, comme les deux étoiles, la vitesse en tant qu'une source potentielle de risque, puisqu'ils augmentent leur trajectoires non-conformes en condition Vitesse forte. Cependant, face à ce risque subjectif, les trois étoilés semblent ne pas faire le même arbitrage entre enjeux que les deux étoiles puisqu'ils accélèrent et chutent plus en Vitesse forte. Tout se passe comme si, l'enjeu de temps était pour eux prioritaire sur les enjeux de la sécurité et du respect de la trajectoire.

Concernant le facteur Risque, les données sont insuffisantes pour généraliser les résultats des trois étoiles. Néanmoins, l'analyse descriptive montre que la sensibilité des trois étoiles au facteur Risque diffère de celle des deux étoiles. Le facteur Risque ne modifie pas leur hiérarchie de priorités concernant le temps et la norme, puisque les temps de descente et les trajectoires non-conformes sont descriptivement équivalents dans les deux conditions. Par ailleurs, à l'inverse des deux étoiles, les trois étoiles semblent s'autoriser à prendre plus de risques en contexte artificiel, puisque c'est seulement dans ce contexte qu'ils chutent. Leur perception du risque semble être plus conforme au risque objectif qu'elle ne l'est pour les deux étoiles. Par ailleurs, il y a une interaction notable entre Risque et Vitesse chez les trois étoiles qui s'explique par une prise de risque pour aller vite ciblée principalement sur l'épreuve Vitesse forte Risque faible : c'est là qu'ils vont le plus vite et aussi chutent le plus. Les résultats des trois étoiles confirment donc également la seconde hypothèse.

En accord avec les attentes, la priorité entre enjeux change avec le niveau de compétence : le temps semble beaucoup plus important pour les trois étoiles qu'il ne l'est pour les deux étoiles. Par ailleurs, les skieurs modifient d'une épreuve à l'autre la priorité accordée aux différents enjeux. Cependant, cette modification semble plus reposer sur une interprétation subjective des risques que sur les risques réellement encourus.

Relations entre rapports de temps, trajectoires non-conformes et chutes en fonction du niveau

Le tableau 9.2 expose la matrice des corrélations entre les rapports de temps, les trajectoires non conformes et les chutes. On réutilise les critères de Rouanet (1996), 1/3, 2/3, pour apprécier la grandeur des corrélations.

Tableau 9.2 Matrice des corrélations entre les performances

	Rapports de temps	Trajectoires non conformes	Chutes
Rapports de temps	–	0,38**	0,54***
Trajectoires	0,25*	–	0,28*
Chutes	0,20	-0,54***	–

Note. $N = 14$. Les corrélations pour les trois étoiles se trouvent au-dessus de la diagonale. En dessous, figurent les valeurs obtenues pour les deux étoiles.

* $p < .10$. ** $p < .05$. *** $p < .01$.

La lecture du tableau 9.2 montre, pour les trois étoiles, que l'augmentation des rapports de temps est plus liée aux chutes qu'aux trajectoires non conformes et que les chutes et les trajectoires non conformes sont très peu liées entre elles.

Pour les deux étoiles, c'est le contraire qui se produit : les rapports de temps sont très faiblement liés aux trajectoires non conformes ou aux chutes et – c'est là un résultat important – le nombre de chutes est inversement corrélé aux trajectoires non conformes. Les trajectoires non-conformes ont une incidence uniquement sur les chutes.

Le lien entre trajectoires et chutes change de signe avec le développement. Il convient d'approfondir ce résultat.

Patrons individuels des trajectoires non conformes et des chutes selon le niveau

Pour expliciter la nature des relations entre les trajectoires non-conformes et les chutes, la suite des occurrences (X) ou des absences (0) des trajectoires non-conformes et des chutes a été relevée pour chaque sujet et chaque épreuve. Le tableau 9.3 expose, en fonction du niveau, la répartition des 28 patrons individuels ainsi obtenus.

Tableau 9.3 Répartition des patrons individuels selon le niveau

Niveaux	n	Trajectoire non conforme				Chute			
		V-R+	V+R+	V-R-	V+R-	V-R+	V+R+	V-R-	V+R-
	1	0	0	0	0	0	0	0	0
	2	0	X	0	0	0	0	0	0
	2	0	0	0	X	0	0	0	0
Deux étoiles	1	0	X	0	X	0	0	0	0
	2	0	0	X	X	0	0	0	0
	3	0	0	0	X	0	X	0	0
	2	0	X	X	X	0	0	0	0
	1	0	0	X	X	0	X	0	0
	6	0	0	0	0	0	0	0	0
	1	0	X	0	0	0	0	0	0
	1	0	0	0	0	0	0	X	0
Trois étoiles	1	0	X	X	0	0	0	0	0
	1	0	X	0	X	0	0	0	0
	1	0	0	X	X	0	0	0	0
	1	0	0	0	X	0	0	0	X
	2	0	X	0	X	0	0	0	X

Note. V- = Vitesse faible; V+ = Vitesse forte; R- = risque faible; R+ = risque fort. X = occurrence. 0 = pas d'occurrence.

Une première lecture du tableau 9.3 permet d'abord de préciser les effets relevés à l'analyse des comparaisons. Le patron optimal du point de vue de la performance (00000000) apparaît une fois chez les deux étoiles et six fois chez les trois étoiles. On relève en tout quatre chutes pour chacun des deux niveaux et il n'y a aucune trajectoire non conforme et aucune chute pour la Vitesse faible en condition de Risque fort quel que soit le niveau. Les deux étoiles ne

chutent qu'en Vitesse forte Risque fort (000X0X00 et 00XX0X00) et les trois étoiles ne chutent qu'en condition de risque faible que ce soit en Vitesse faible (000000X0) ou forte (000X000X et 0X0X000X).

L'examen détaillé des patrons apporte deux résultats nouveaux.

1. D'abord, chez les deux étoiles comme chez les trois étoiles, pour une même tâche (Vitesse forte ou faible), la trajectoire non conforme n'apparaît pas systématiquement dans les deux contextes. La probabilité d'apparition des profils contredisant cette assertion (0X0X0000, 0XXX000 pour les deux étoiles et 0X0X000, 0X0X000X pour les trois étoiles) ne diffère pas du hasard (test exact de Fisher p ns)⁴.
2. Ensuite, pour une épreuve donnée, chez les deux étoiles, il n'y a jamais la présence conjointe d'une trajectoire non conforme et d'une chute (test exact de Fisher $p < .02$), alors que chez les trois étoiles il peut y avoir dans une même épreuve une chute et une trajectoire non-conforme (test exact de Fisher p ns)⁵. La corrélation négative constatée précédemment chez les deux étoiles est donc ici expliquée.

L'examen des patrons individuels a été complété par l'observation des vidéos. Cette observation a montré que les trajectoires non conformes n'ont jamais été consécutives à un déséquilibre ou à une chute, excepté pour un unique trois étoiles⁶. Les chutes, quant à elles, sont toujours apparues comme étant la conséquence d'un déséquilibre préalable.

Pour l'essentiel, on retiendra que l'exécution d'une trajectoire non-conforme dans une tâche donnée n'est en rien inéluctable puisque cette exécution ne se fait pas systématiquement dans les deux contextes et qu'elle n'est pas consécutive à un déséquilibre. Le non respect de la trajectoire imposée est donc un comportement délibéré qui dénote une moindre importance accordée à l'enjeu normatif.

Par ailleurs, comme la trajectoire non-conforme exclut toute chute chez les deux étoiles et augmente la vitesse chez les trois étoiles, on en déduit que la fonction du non respect de la trajectoire change au cours du développement. Pour les deux étoiles, la violation de trajectoire sert à ne pas chuter. Aux trois étoiles, elle sert à réguler la vitesse. Les mêmes skieurs opèrent donc une modification de hiérarchie de priorités d'une épreuve à l'autre. Cependant, la nature de cet arbitrage change avec le développement. Les deux étoiles statuent sur l'ordre de priorité donné aux enjeux de norme et de sécurité. Les trois étoiles, quant à eux, tranchent entre la norme et le temps.

4. Si, pour tous les sujets, l'apparition systématique dans les deux contextes d'une trajectoire non conforme est due au hasard et si l'on admet l'indépendance des performances des sujets, alors la vraisemblance des données suit la loi binomiale $B(14, 1/4)$, pour les deux étoiles comme pour les trois étoiles.

5. Il s'agit des seuils unilatéraux de rejet de l'hypothèse H_0 selon laquelle la probabilité de non apparition conjointe d'une trajectoire non conforme et d'une chute pour ces sujets dans au moins une tâche ne diffère pas du hasard, au profit de l'alternative H_1 selon laquelle cette probabilité est supérieure au hasard. En supposant que cette probabilité est la même pour tous les sujets d'un même groupe et en admettant l'indépendance des performances des sujets, la vraisemblance des données, si H_0 est vraie, suit les lois binomiales $B(14, 3/4)$ et $B(14, 3/4)$ respectivement pour les deux étoiles et pour les trois étoiles.

6. Ce skieur, après avoir chuté dans la seconde trace directe du slalom artificiel, est passé entre C et C' au lieu de contourner ces deux points (voir la figure 9.1).

Analyse des comportements

Les sujets des deux niveaux peuvent avoir recours, avec une fréquence certes inégale, aux mêmes comportements en ski. Néanmoins, l'analyse (voir le détail en annexe B) confirme que les deux étoiles ont une moindre maîtrise du ski que les trois étoiles. Les comportements, en ce qui concerne la position des skis (annexe B, tableau 12.4), des jambes (annexe B, tableau 12.5) et du buste (annexe B, tableau 12.6), diffèrent selon le niveau (les V^2 de Cramér étant supérieur à 0,11 et les χ^2 étant significatif au seuil 0,01). La position des bras est par ailleurs très proche aux deux niveaux en ce qui concerne la recherche d'équilibre (annexe B, tableau 12.7).

Pour déterminer la prépondérance des enjeux aux deux niveaux de compétence, les comportements ont été catégorisés selon qu'ils correspondent à de la recherche de vitesse, à de la recherche de lenteur ou à de la recherche d'équilibre, tous les autres comportements étant classés dans "Autre comportement" (voir l'annexe C). Il en ressort, en accord avec les résultats précédents, que les trois étoiles semblent accorder plus d'importance à l'enjeu de temps que les deux étoiles (les V^2 de Cramér sont supérieur à 0,09 et les χ^2 ou tests exact de Fisher sont significatifs au seuil 0,01). En effet, les comportements de recherche de vitesse sont surreprésentés chez les trois étoiles et sousreprésentés chez les deux étoiles (voir en annexe C les tableaux 12.8, 12.9 et 12.10). Quant à la recherche de lenteur (voir le tableau 12.8), synonyme de sacrifice de l'enjeu de temps au bénéfice de la sécurité, on ne la trouve que chez les deux étoiles. Par ailleurs, la recherche d'équilibre (tableau 12.11), ne nous apprend rien, les deux niveaux étant pratiquement similaires (V^2 de Cramér proche de 0 et le test exact de Fisher est non significatif). De même, aucun lien spécifique entre les comportements et les quatre épreuves n'a pu être trouvé.

Discussion

On retiendra trois résultats essentiels. 1/ Les enjeux changent selon le niveau de compétence : pour les deux étoiles la sécurité prime sur le temps ; pour les trois étoiles c'est le contraire qui se produit. 2/ Le contexte amène des modifications d'arbitrage entre enjeux, qui reposent sur une perception subjective des risques et non sur les risques réels. 3/ La nature des arbitrages entre enjeux évolue avec le niveau de développement des compétences.

Le premier résultat révèle que les deux étoiles semblent préférer la sécurité à l'obtention d'un bon temps de descente alors que c'est le contraire chez les trois étoiles. On peut éliminer une première interprétation qui consisterait à croire que le groupe des trois étoiles aurait perdu en son sein, au fil des ans, les membres qui ne valorisent pas beaucoup la compétition. En effet, de tels abandons sont rares aux premiers niveaux d'apprentissage car, le ski étant une source importante de revenus potentiels, sa pratique reste socialement valorisée et même fortement encouragée dans les régions qui la proposent. Il semblerait plutôt que, au cours du développement macrogénétique des compétences (pas-

sage du niveau deux étoiles au niveau trois étoiles), il y ait un réordonnement des priorités entre enjeux conduisant, à élever l'importance accordée au temps.

On peut sans doute évoquer trois raisons à ce changement. Il y a d'abord, l'expérience acquise par les sujets. Elle peut les conduire à modifier leur appréciation des conséquences négatives (gravité perçue) de leurs choix. Ainsi, les trois étoiles pourraient admettre que les chutes ne sont finalement pas aussi graves qu'elles leur apparaissaient lorsqu'ils avaient le niveau deux étoiles. Ensuite, la perception que le sujet a de sa compétence évolue avec son niveau réel (Famose, 1990). En général, plus les sujets sont compétents et plus ils se perçoivent comme tels. Or le sentiment d'auto-efficacité consécutif à la compétence perçue (Bandura, 1997, 2003) est un des préalables à l'intention de comportement (Ajzen et Fishbein, 1980). Les trois étoiles se donneraient pour objectif l'obtention de faibles temps de descente car cet objectif leur apparaîtrait accessible. Se pensant moins capables, les deux étoiles seraient au contraire moins ambitieux quant au temps.

Enfin, la modification de la hiérarchie des priorités peut provenir également d'une intériorisation des normes sociales. L'école du ski français, d'où sont issus les sujets, valorise beaucoup la compétition et la recherche de bonnes performances (Jeancenelle, 2003). Les trois étoiles, parce qu'ils ont fréquenté plus longuement cette école, se seraient mieux appropriés que les deux étoiles la norme dominante de la compétition.

Le deuxième résultat montre que les priorités entre les enjeux reposent essentiellement sur des risques perçus et non des risques réels. Dans le cas présent, ce serait la croyance que la vitesse est la principale cause potentielle de chute qui amènerait les skieurs à adopter des comportements de violation de trajectoires. En revanche, le risque objectif de collision ne semble pas pris en compte. Ce résultat est compatible avec les nombreux travaux sur les émotions qui postulent que les individus sont constamment en train d'évaluer ("appraisal") leur relation à l'environnement en termes d'implications pour leur bien être (Cahours et Lancry, 2011). Cette évaluation se fait selon les croyances et le sens construit par chaque individu en situation (Cahours et Lancry, 2011). D'ailleurs, les deux étoiles semblent agir avec plus de prudence en milieu artificiel, qui est paradoxalement le plus sûr. Tout se passe comme si l'évaluation associait ce dernier à l'idée d'une recherche de vitesse et donc à un risque plus important de chute. Le réalisme de l'évaluation semble progresser avec le développement. Ceci pourrait sans doute être attribué au fait de l'acquisition de meilleures connaissances, puisque les trois étoiles ne marquent pas de prudence particulière en milieu artificiel. C'est au contraire dans ce contexte qu'ils prennent le plus de risques.

Le dernier résultat a révélé qu'en cours d'activité, l'individu peut être amené à changer ses priorités. Il s'agit là d'un processus analogue au mécanisme adaptatif d'optimisation du comportement appelé "accommodation par les buts" qui a été décrit par Marquié et Isingrini (2001) chez les personnes âgées. Ce mécanisme consiste à comparer les ressources disponibles aux résultats obtenus puis, en cas d'échec, à modifier rétroactivement les objectifs fixés et les critères de performance acceptable, de manière à éviter de se trouver à nouveau en situation de difficulté. Autrement dit, il s'agit d'améliorer le sentiment de maîtrise de la situation. Notre résultat montre, néanmoins, que ce mécanisme d'accommodation par les buts ne concerne pas l'enjeu relégué au dernier plan.

En effet, les deux étoiles, font des ajustements uniquement entre les enjeux de norme et de sécurité accordant une importance moindre au temps. Les trois étoiles, quant à eux, arbitrent uniquement entre la norme et le temps, laissant au dernier plan la sécurité.

Les priorités entre enjeux sont donc susceptibles de changer en cours d'activité, du fait de l'adaptation au contexte mais aussi à cause du développement.

Chapitre 10

Enjeux et développement : l'œuf et la poule

L'existence postulée d'enjeux concurrents tels que la sécurité, le respect de la norme et le temps a été mise en évidence dans deux domaines différents : les déplacements piétons et le ski alpin. Dans les deux domaines, les comportements ont changé selon les enjeux. Ce fait confère une certaine généralité à nos résultats. Nous en dressons un bilan. Les enjeux orientent-ils le développement ou sont-ils une simple conséquence de celui-ci? Autrement dit, de l'œuf et de la poule lequel arrive en premier?

Les deux études ont montré que les choix de comportements en situation dépendent des hiérarchies de priorités entre enjeux propres à l'individu ainsi que de la hiérarchie entre enjeux induite par le contexte. La seconde recherche a permis de préciser que l'interprétation qu'a l'individu du contexte est subjective et pas nécessairement réaliste. La première étude a montré que l'enjeu dominant induit par le contexte oriente le développement en amenant l'individu à sélectionner les informations, à optimiser et à compenser ses conduites, au bénéfice de l'enjeu privilégié. En retour, le développement, amène une modification des hiérarchies de priorités entre enjeux. La première recherche montre l'existence de ce changement développemental sur une courte période de temps (quelques minutes). La seconde recherche a montré la réalité de ce développement sur une plus longue période (quelques mois). Les priorités entre enjeux font donc l'objet de microgenèses et de macrogenèses. Certains des changements sont durables (comme l'importance accordée au temps relativement à la sécurité). D'autres, au contraire, sont circonstanciels (comme l'accommodation par les buts incluant le respect de la norme) et servent à l'adaptation.

A l'issue de cette deuxième partie, il est donc possible d'affirmer que les enjeux sont à la fois source de développement et fruit du développement. Les enjeux sont aussi à la fois un critère d'adaptation servant à trier les comportements pertinents et un mécanisme d'adaptation servant à conserver un sentiment de maîtrise de la situation. Enjeux et développement sont donc continuellement indissociables comme deux facettes d'une même réalité. Pour mieux le comprendre, il faut passer en revue les processus mentaux qui régissent le fonctionnement de la personne en situation dynamique. C'est l'objectif de la partie suivante.

Partie III
Enjeux et contrôle cognitif

Chapitre 11

Brève introduction au contrôle cognitif et à ses dimensions

Les chapitres précédents ont montré que pour agir, pour se développer ou encore pour s'adapter, l'individu mobilise ses ressources en fonction des enjeux, plus précisément selon sa hiérarchie initiale de priorités et celle induite par son évaluation de l'environnement. Le but est à présent d'approfondir la connaissance des mécanismes cognitifs impliqués, en particulier au regard du modèle théorique de Hoc et Amalberti (2007) que nous avons plusieurs fois convoqué pour interpréter les données. Pour rappel, Hoc et Amalberti (2007) définissent le contrôle cognitif comme la façon d'allouer dans le bon ordre et avec la bonne intensité les ressources aux différents processus cognitifs impliqués dans la tâche.

Les ingrédients

Performance acceptable, ressources, métacognitions, sentiment de maîtrise de la situation et répartition des traitements

Afin de rendre compte de la dynamique du contrôle cognitif tout en s'affranchissant des inconvénients qu'ils trouvaient au modèle hiérarchique de Rasmussen (1986), Hoc et Amalberti (2007) ont identifié deux aspects complémentaires : la notion de performance acceptable (empruntée à Simon, 1969) et celle de compromis cognitif, qui dépend de la performance acceptable, toutes les deux ayant été brièvement définies en introduction générale. Les données obtenues dans les recherches précédentes, exposées dans les parties 1 et 2, permettent cependant de compléter la description des relations entre ces deux aspects. La figure 11.1 présente le modèle de Hoc et Amalberti (2007) ainsi complété (Charron, Hoc et Milleville-Pennel, 2010). Précisons que la séparation des différentes composantes au sein de la figure sert à illustrer un fonctionnement. Cela ne renvoie pas à une cartographie de la localisation des dits processus au sein d'une architecture cérébrale.

La partie en haut à gauche de la figure 11.1 décrit l'instance où se forme, en termes de buts, le problème que se pose réellement l'individu en fonction des enjeux. Comme nous l'avons vu en introduction générale, la performance acceptable est le niveau de performance qui est considéré par la personne comme

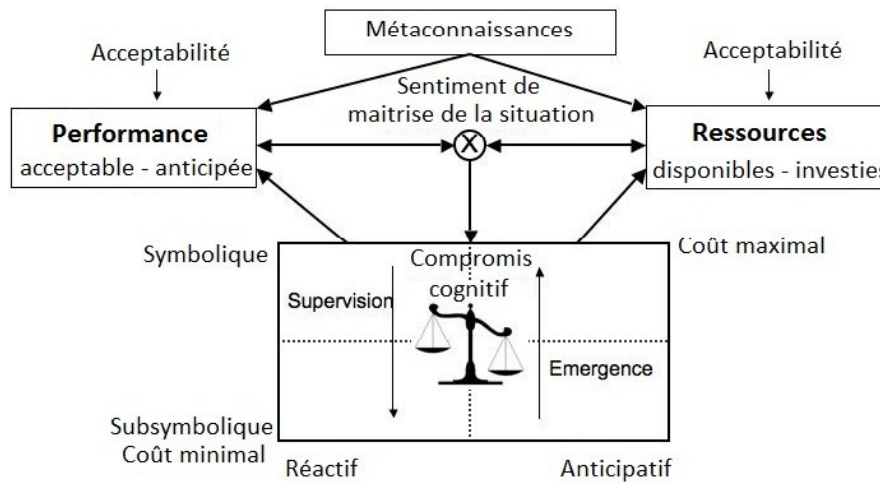


Fig. 11.1 Dynamique du contrôle cognitif, d'après le modèle de Hoc et Amalberti 2007, complété par Charron, Hoc et Milleville-Pennel (2010).

étant satisfaisant dans un certain contexte. La performance acceptable peut avoir plusieurs critères : la sécurité, le temps, le respect des règles... Les travaux antérieurs ont montré que les critères de la performance acceptable varient selon l'ordre de priorités accordé aux enjeux. Avant le début d'une activité, la hiérarchie initiale de priorités entre enjeux donne une performance acceptable de base. Ensuite en cours d'activité, l'ordre de priorités attribué aux enjeux peut, dans une certaine mesure, varier selon les difficultés rencontrées pour faire face aux besoins de la tâche, comme l'ont montré les résultats de la partie précédente. Cela signifie, qu'en fonction de la performance que l'individu pense obtenir (performance anticipée), de ce qu'il croit être capable de faire (voir le cadre "métaconnaissances"), et de son sentiment de maîtrise de la situation, il peut modifier sa performance acceptable. C'est donc là que se situe l'accommodation par les buts décrites par Marquié et Isingrini (2001). La flèche "acceptabilité" au dessus de cette case signifie qu'il y a une évaluation permanente de l'adéquation entre le motif de l'activité fixé par les enjeux et les buts fixés.

La zone en haut à droite de la figure 11.1 représente les ressources de l'adaptation. Elles sont non seulement les instruments de l'activité, mais aussi ce sont elles qui font que la lecture de la situation s'exprime en termes d'enjeux.

Les ressources de l'adaptation sont de nature diverse. Les traits de personnalité (par exemple au sens de la théorie du Big Five, Goldberg, 1990), qui incluent les valeurs de l'individu, peuvent être rangés du côté des ressources. En effet, ils influencent l'interprétation de la situation (Lazarus et Folkman, 1984) ; ils orientent le choix des fins et des moyens en situation de résolution de problème (Pascual-Leone, 1988) ou encore le comportement au travail (Van Der Berg et Feij, 2003). Par exemple, le trait de personnalité "stabilité émotionnelle" (décrit par la théorie du Big Five) contribue à la plus ou moins bonne résistance au stress (Ong, Bergeman, Bisconti et Wallace, 2006 ; Van Der Berg et Feij, 2003). Les traits de personnalité sont même une ressource déterminante

pour le succès de l'adaptation lorsque la réussite d'une tâche complexe en milieu hostile dépend étroitement de la qualité de la coopération (ex. missions de longue durée des astronautes, Rivollier, Bachelard et Cazes, 1991).

Les émotions peuvent, dans une certaine mesure, être également considérées comme une ressource de l'adaptation. En effet, elles influencent la prise de décision, en attirant l'attention sur les conséquences supposées négatives ou positives de l'action (Damasio, 1999). Elles contribuent à établir des arbitrages entre des objectifs qui peuvent s'avérer contradictoires (Amalberti, 1996). Au quotidien, les émotions positives (comme la détermination, l'enthousiasme, l'excitation, l'inspiration, l'intérêt ou la fierté) aident à récupérer plus rapidement du stress ressenti chaque jour (Ong *et al.*, 2006). D'un autre côté, une émotion trop forte, comme une peur intense, peut bloquer l'adaptation, en empêchant l'individu de réagir face à un danger immédiat.

Les représentations mentales stockées en mémoire, qu'elles soient des connaissances déclaratives, procédurales, des fausses croyances ou encore des routines, ainsi que les traitements cognitifs des représentations font également partie des ressources. Cet ensemble constitue des compétences qui servent à comprendre le monde et à agir efficacement. Décrites en termes de schèmes, c'est-à-dire d'organisations invariantes de l'activité de pensée pour une classe de situations donnée, les compétences prennent deux formes indissociablement liées (Vergnaud, 2011 ; Pastré, Mayen et Vergnaud, 2006), opératoire (outil qui permet de produire des actions et des raisonnements) et prédicative (objet sur lequel peuvent porter les raisonnements ou les opérations de la pensée). Selon leur contenu, les compétences relèvent de plusieurs catégories (Garrett, Caldwell, Harris et Gonzalez, 2009). Les compétences peuvent porter sur le domaine du problème en cours, sur le contexte de la situation, sur l'identification des aides externes (dispositif technique, soutien social, *etc.*), sur la façon d'employer des aides externes, sur la façon de réaliser la tâche, ou bien encore sur son propre fonctionnement (métaconnaissances). Les compétences permettent également de prendre en main dans un contexte particulier les ressources externes à l'opérateur qu'offre l'environnement, telles que les connaissances et outils conceptuels déposés dans la culture (ouvrages, internet, culture orale), l'environnement social, les aides techniques, matérielles ou institutionnelles (il s'agit de l'instrumentation, Rabardel, 1995). Les compétences permettent aussi d'inventer des usages inédits pour les ressources externes (au sens de Rabardel, 1995, c'est l'instrumentalisation ou une catachrèse).

Dans ce cadre, les métacognitions ou les représentations mentales (pas nécessairement justes) que l'individu se fait de son propre fonctionnement psychologique et physiologique sont des compétences qui peuvent légitimement être isolées des autres ressources car elles jouent un rôle spécifique dans l'adaptation. C'est pourquoi dans la figure 11.1 elles ont été séparées (voir la partie haute). Un large usage en a été fait en psychologie du développement (Flavell, 1979) et l'intelligence artificielle en a également éprouvé le besoin (Cox, 2005). En effet, elles aident à anticiper la performance future et à évaluer les ressources internes disponibles. Elles incluent le sentiment de contrôle ou d'auto-efficacité tel que défini par Bandura (1997). Les travaux sur le vieillissement montrent que des métaconnaissances à jour permettent de mettre en place des straté-

gies de compensation¹ pour maintenir la maîtrise de la situation (Bäckman et Dixon, 1992). *A contrario*, en conduite automobile, on a pu montrer que le déficit de métaconnaissances, notamment en produisant une confiance en soi exagérée, est un facteur important d'accident (Engström, Gregghersen, Hernetkoski, Keskinen et Nyberg, 2003).

Pour trier l'afflux d'informations, l'attention est une ressource essentielle de l'adaptation. C'est un système de filtrage (Broadbent, 1958 ; James, 1890 ; Pascual-Leone, 1988 ; Posner, 1980) qui consiste, à tout moment, à ne retenir de l'environnement ou de son propre système cognitif que les informations utiles en maintenant les autres dans un état d'activation inférieur à celui qui est nécessaire pour qu'elles soient traitées². Enfin, les ressources comportent également la perception, la motricité de même que l'énergie mentale dont la quantité est limitée et que l'opérateur peut investir à un moment donné.

Malgré leur diversité, il est rare cependant qu'un individu mobilise toutes ses ressources sur une tâche particulière, ne serait-ce que pour en garder en réserve pour d'autres tâches (les situations dynamiques sont souvent multi-tâches) ou pour des sollicitations imprévues dans le futur. Par exemple, un contrôleur aérien n'investira jamais tous les moyens cognitifs dont il dispose dans un conflit de trajectoires d'avions particulier, au risque de négliger d'autres conflits présents ou futurs (Morineau, Hoc et Denecker, 2003). Tout dépend du sentiment de maîtrise de la situation qu'a l'opérateur. Ce sentiment est lié à la performance visée (considérée comme acceptable) et aux ressources investies. Aussi, pour permettre à l'individu d'atteindre une performance acceptable donnée, à un coût admissible en termes de ressources investies (voir la flèche "acceptabilité" au-dessus de la case "ressources"), le contrôle cognitif se répartit selon diverses modalités définies par un plan engendré par deux dimensions orthogonales (voir la partie inférieures de la figure 11.1).

La première dimension oppose le contrôle symbolique au contrôle subsymbolique. Le contrôle symbolique porte sur l'interprétation des informations alors que le contrôle subsymbolique est directement basé sur les caractéristiques superficielles (par exemple perceptives) des informations. Le contrôle symbolique est plus coûteux que le contrôle subsymbolique. La seconde dimension oppose le contrôle anticipatif au contrôle réactif. Le contrôle anticipatif porte sur les informations d'origine interne (les modèles mentaux) et le contrôle réactif porte

1. Dans ce contexte, la définition de la compensation est plus large que celle que nous avons présentée en introduction. Pour Bäckman et Dixon (1992), cela englobe le fait d'investir plus de temps ou d'effort dans une tâche, d'employer une capacité latente normalement non utilisée à la place d'une capacité qui a subi une perte, d'accommoder par les buts et de sélectionner des environnements différents.

2. Bien que l'attention ait donné lieu à d'abondants travaux en psychologie et qu'elle ait reçu une définition bien délimitée, le terme reste encore trop souvent utilisé dans son acception floue de la langue courante. C'est ainsi qu'il faut lever une confusion possible entre attention et contrôle cognitif, notamment entre contrôle symbolique et attention (ex. "*faites donc attention!*" au sens de "*n'agissez pas machinalement*", c'est-à-dire ne vous en remettez pas au contrôle subsymbolique). C'est pourquoi nous adoptons ici la conception de Camus (1996) concernant l'attention : "*Les processus attentionnels sont des instruments au service du contrôle cognitif de l'activité : en magnifiant l'activité des représentations correspondant aux cibles, et en inhibant celles des distracteurs non pertinents, l'attention permet d'isoler dans le flux continu de notre activité mentale les représentations particulières dont a besoin la mémoire de travail pour alimenter les fonctions exécutives*" (p. 106).

plus sur les informations extérieures (comme les indices de la situation). Dans ce contexte théorique, la réactivité du contrôle cognitif n'a rien à voir avec la vitesse de traitement. Il concerne plutôt la part des informations externes utilisées par rapport aux informations internes. Certains parallélismes sont possibles entre plusieurs modalités de contrôle. Par exemple, le contrôle symbolique peut superviser le contrôle subsymbolique, ou encore le contrôle réactif peut corriger des erreurs du contrôle anticipatif.

La répartition du contrôle au sein de ce plan constitue le compromis cognitif. La fonction du compromis cognitif est double : *(i)* il sert à éviter l'épuisement (ce qui est favorable à l'adaptation biologique), en garantissant notamment une performance relativement stable pour la période de la tâche entière (ce qui va dans le sens de l'adaptation au milieu et/ou intentionnelle) et *(ii)* il permet l'engagement de ressources dans des activités parallèles requises, par exemple pour traiter une sous-tâche secondaire à l'intérieur de la tâche principale. À tout moment, l'individu tente de parvenir à un compromis cognitif favorable au maintien de son sentiment de maîtrise de la situation.

La dynamique du contrôle cognitif : enjeux, adaptation et développement

La dynamique générale du contrôle cognitif est illustrée dans la figure 11.2. Cette figure explicite en quoi consiste l'équilibration.

Les métaconnaissances permettent à l'individu d'évaluer à tort ou à raison la performance qu'il espère obtenir ainsi que les ressources nécessaires, en fonction des enjeux dominants du moment. Si l'opérateur estime qu'il perd la maîtrise de la situation ou qu'il peut la perdre s'il ne fait rien, il fait varier ses processus mentaux : c'est l'adaptation. Il le fait soit en redéfinissant de manière transitoire la hiérarchie de priorités entre enjeux et donc la performance acceptable, soit en investissant de manière différente ses ressources, soit en sélectionnant d'autres ressources, soit en mobilisant des ressources supplémentaires, soit encore en transformant ses propres ressources par des constructions nouvelles (apprentissage, inventions) ou des ré-élaborations (par exemple aux moyens de boucles régulation courtes et longues, Coulet, 2011, ou encore de redescriptions représentationnelles, Karmiloff-Smith, 1994, ou d'instrumentation et d'instrumentalisation, Rabardel, 1995). De telles transformations psychologiques sont des microgenèses (au sens de Cellérier, 1987) et donc – cela mérite d'être souligné – elles sont constitutives du développement psychologique qui affecte tout autant les deux formes, opératoire et prédicative, des représentations (Pastré, Mayen et Vergnaud, 2006). Leur cumul conduit peu à peu à des changements macrogénétiques comme, notamment, des modifications profondes des enjeux.

En cours d'activité, le compromis cognitif peut aussi être modifié. Par exemple, si l'individu est confronté à un taux élevé d'erreurs (donc à une mauvaise performance), son sentiment de maîtrise de la situation baisse. L'individu peut alors décider d'investir davantage de ressources, en adoptant plus de contrôle symbolique sur l'activité pour augmenter son sentiment de maîtrise de la situation. Les modifications du compromis cognitif étant le plus souvent passagères, elles relèvent essentiellement de l'adaptation, pas du développement psychologique.

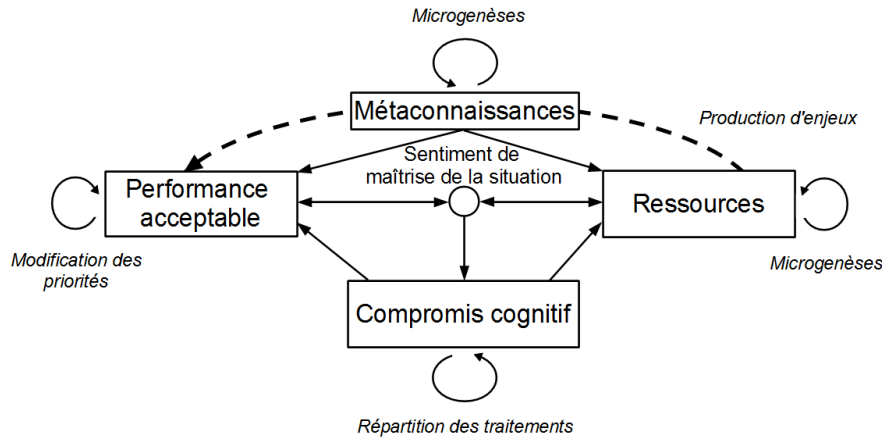


Fig. 11.2 Equilibration. Les grandes flèches représentent des rapports de dépendance. Les flèches en boucle illustrent différentes régulations. La répétition des microgénèses donne lieu à des transformations macrogénétiques.

Pour accéder à la dynamique du contrôle cognitif, il faut passer en revue les observables sur lesquels le chercheur peut se fonder.

Les indicateurs du contrôle cognitif

La performance acceptable peut être mesurée par une évaluation subjective, par exemple par un questionnaire comme dans la première recherche de la partie 2. En outre, elle peut être déduite de la performance obtenue, comme dans les recherches sur l'enfant-piéton ou celle sur le ski alpin, en particulier lorsque l'individu estime qu'il a maîtrisé la situation. La principale difficulté méthodologique tient surtout à la manière d'identifier la répartition du contrôle cognitif entre ses diverses modalités, au moyen d'indicateurs non-invasifs (Hoc et Amalberti, 2007). A ce propos, les indicateurs sont également largement dépendants du domaine d'activité (Hoc et Amalberti, 2007). Il peut donc être profitable de se référer à un domaine très largement étudié et pour lesquels les indicateurs sont déjà relativement bien connus et commentés par les articles scientifiques. C'est le cas de la conduite automobile qui sera abordé dans le chapitre suivant.

L'importance de l'information visuelle en conduite automobile permet de mettre à profit plusieurs paramètres des mouvements oculaires. Le contrôle symbolique exige des traitements plus approfondis qui prennent du temps car il repose sur de l'interprétation des informations. Ceci est cohérent avec la littérature (Rayner, 1998), qui considère que le contrôle symbolique se traduit par de plus longues durées moyennes de fixation que le contrôle subsymbolique.

Le contrôle anticipatif, quant à lui, peut être identifié par les distances de fixation, comme le montrent de nombreuses données sur l'activité visuelle en conduite automobile. Les conducteurs sains et expérimentés ont, la plupart du temps, des fixations lointaines. Les quelques fixations proches sont de très

courtes durées et se produisent dans les lignes droites (Underwood, Chapman, Brocklehurst, Underwood et Crundall, 2003). Dans les virages, les conducteurs passent une grande partie du temps à fixer une zone autour du point tangent, qui se situe à l'intérieur du virage. Ceci est une façon d'anticiper la courbure de la route et l'angle volant à adopter (Land et Horwood 1995; Land et Lee 1994). Cependant, d'autres points distants sur la route peuvent également jouer le rôle de points tangents pour l'anticipation (Mars 2008). Ainsi, en conduite automobile, la distance de fixation et/ou la position du regard peuvent être des indicateurs du contrôle anticipatif.

La capacité à traiter plusieurs sous-tâches au sein d'une tâche principale peut être évaluée par le temps passé à regarder dans le rétroviseur, qui est directement dépendant de la répartition du temps alloué au contrôle de trajectoire et à la gestion de l'interaction avec la circulation, de même que par le nombre de regards consacrés au traitement d'indices relatifs à l'éventualité d'un événement imprévu (comme un piéton se déplaçant sur le bord de la route qui pourrait soudainement traverser).

Le chapitre suivant explore les relations entre les enjeux et la dynamique du contrôle cognitif en utilisant les indicateurs qui viennent d'être énoncés.

Chapitre 12

La place des enjeux dans la dynamique du contrôle cognitif

Cette dernière recherche porte sur la conduite automobile¹. Elle complète les précédents travaux, en explorant le lien entre les enjeux et la dynamique du contrôle cognitif. Pour mieux comprendre le fonctionnement normal, une population de traumatisés crâniens (TC) est comparée à celle de conducteurs tout-venants (groupe contrôle, CTRL). Le terrain de recherche retenu est méthodologiquement intéressant à plusieurs titres.

D'abord, la conduite automobile est comparable aux activités précédentes, à la fois du point de vue des trois enjeux concurrents (la sécurité, la norme avec la question du respect du code de la route et le temps avec la vitesse de déplacement) et du point de vue de son caractère dynamique. Ensuite, s'intéresser aux adultes permet d'éviter d'éventuels effets dus à la maturation biologique. De plus, comparer des adultes sans difficulté particulière à des conducteurs ayant dans le passé subi un traumatisme crânien peut donner l'opportunité d'observer des contrastes instructifs, à la fois du point de vue des enjeux et du point de vue du contrôle cognitif. En effet, une préoccupation importante pour les traumatisés crâniens est d'obtenir ou de conserver l'autorisation de conduire. Or cette autorisation passe nécessairement par la démonstration d'une aptitude à se conformer à la fois aux règles du code de la route (enjeu normatif) et à celles de la sécurité (enjeu de sécurité). Les conducteurs tout-venant, quant à eux, n'ont pas, en règle générale, une telle préoccupation. Pour eux, les finalités quotidiennes de la conduite prédominent : la nécessité d'atteindre la destination, de respecter un éventuel horaire *etc.* Les arbitrages, quant à la hiérarchie de priorités entre les trois enjeux concurrents, sont donc susceptibles de différer dans les deux populations, de même que les conséquences des enjeux sur les processus cognitifs impliqués dans la conduite. En dernier lieu et non des moindres, l'importance des informations visuelles en conduite automobile facilite l'accès aux processus mentaux, comme nous l'avons vu au chapitre précédent.

Du point de vue médical, la population des traumatisés crâniens (TC) est hétérogène car la localisation des traumatismes peut varier. Néanmoins, il y a souvent des lésions frontales associées à des difficultés de planification (Debelieux 2001). Certains auteurs essaient de trouver des tests de conduite sur simulateur ou sur route réelle, dans le but d'identifier les déficits fonctionnels qui concernent la conduite automobile et son contexte (par exemple Lew, Poole,

1. Cette étude empirique a été publiée dans Charron, Hoc et Milleville-Pennel (2010).

Lee, Jaffe, Huang et Brodd, 2005). Et, bien que la question de l'adaptation soit souvent évoquée dans le cadre de la conduite automobile (Parasuraman et Nestor, 1991), les données restent encore insuffisantes pour rendre compte des mécanismes cognitifs impliqués. La présente recherche répond donc également à cette préoccupation. Il s'agit d'identifier des différences en termes de contrôle cognitif entre les conducteurs traumatisés crâniens (TC) et le groupe de conducteurs contrôle (CTRL), en lien avec des enjeux concurrents (la vitesse *vs* la sécurité).

Pour faire ressortir les relations entre enjeux et contrôle cognitif, dans un simulateur de conduite automobile, les conducteurs sont placés en situation de devoir arbitrer entre différents critères de performance – la vitesse *vs* la sécurité – qui entrent en conflit avec la situation de conduite. La consigne induit un enjeu de temps ou de sécurité de façon à ce que le conducteur se donne une performance acceptable en accord avec l'enjeu. Ensuite, les événements qui surviennent au cours des scénarios expérimentaux sont alors supposés provoquer un dilemme (déséquilibre cognitif) entre critères de performance acceptable et ainsi susciter de possibles changements dans le compromis cognitif. Par exemple, un véhicule qui suit et qui s'approche rapidement à l'arrière peut inciter le conducteur à accélérer, en dépit d'une consigne de sécurité qui encourage l'adoption d'une faible vitesse. Pour surmonter un tel conflit, le conducteur doit investir davantage de ressources. Le compromis cognitif peut alors ne pas être suffisamment robuste pour permettre au conducteur de le faire. Dans ce cas, le conducteur peut soit ajuster sa performance acceptable en renonçant à certains enjeux, soit aussi modifier son compromis cognitif. Telles sont les formes d'équilibration étudiées ici.

Méthode

Participants

L'expérience porte sur un groupe de 7 conducteurs Traumatisme Crânien (TC) et un groupe contrôle (CTRL) de 6 conducteurs tout-venants. Les conducteurs du groupe TC étaient de sexe masculin. Ils s'étaient tous remis d'une lésion cérébrale causée par un traumatisme et étaient âgés de 35 à 50 ans (âge moyen de 43 ans). Ils avaient connu un coma d'une durée inférieure à 48 heures pour lequel ils avaient obtenu un score inférieur ou égal à 8 sur l'échelle de Glasgow (GCS). Les tests neuropsychologiques² ont montré que tous avaient des difficultés (c'est-à-dire des résultats inférieurs à un écart-type ou plus par rapport à la moyenne) avec le stockage et la manipulation des informations en mémoire

2. Tous les participants (TC et CTRL) ont été évalués individuellement avec des tests neuropsychologiques. Ils ont passé les tests suivants : les subs-tests Vigilance, Go-Nogo, attention divisée et l'exploration visuelle du TAP (TAP : Test de performance attentionnelle; Zimmermann et Fimm 2007); le sub-test Digit Span de la WAIS III (WAIS III : Wechsler, 2000); le test des couleurs Stroop (Spreen et Strauss, 1998); le sous-test Zoo Plan de la BADS (BADS : évaluation comportementale des troubles exécutifs; Wilson, Evans, Emslie, Alderman et Burgess, 1998); Trail Making Test (Tombaugh, 2004); le test D2 (Brickenkamp, 1998).

de travail (Empan de chiffre de la WAIS-III), avec la planification et l'anticipation (BADs : Zoo MAP) et avec la vitesse de traitement de l'information (D2), problèmes de détection de cible (balayage visuel TAP). À l'exception d'un seul participant, ils n'avaient pas de trouble particulier de la vigilance (test TAP), de l'inhibition cognitive (Trail making test) ou de l'attention sélective (test Stroop des mots colorés). Chaque participant TC avait le permis de conduire depuis au moins deux ans avant la survenue de la lésion cérébrale. Tous avaient récupéré et recommencé à conduire. En moyenne, ils avaient chacun 11 ans d'expérience de conduite. Le groupe de contrôle (CTRL), quant à lui, était composé d'hommes âgés de 35 à 50 ans (44 ans d'âge moyen) sans trouble, d'après les mêmes tests neuropsychologiques. Ils avaient leur permis de conduire depuis 23 ans et 7 mois en moyenne. Tous les participants avaient une vue normale ou correctement corrigée et une expérience de conduite de plus de 30000 km.

Matériel

L'étude s'est déroulée sur un simulateur de conduite à base fixe FAROS, doté du logiciel Sim2 (développé par l'équipe à l'INRETS MSIS). Le simulateur était équipé d'une boîte de vitesses automatique, d'un volant avec retour de force, de freins, des pédales d'accélérateur et d'embrayage, et un compteur de vitesse. La scène visuelle a été projetée sur un écran (3,02 m de hauteur × 2,28 m de largeur, ce qui correspond à un angle visuel de 80° et 66° respectivement pour la hauteur et la largeur). Une route principale de 3,5 km, formant un circuit, a été simulée avec du trafic et une dizaine de virages allant dans différentes directions. Un oculomètre, IviewX (SMI), a été utilisé pour étudier l'exploration visuelle. Cet oculomètre était composé d'une caméra légère montée sur la tête de façon à peine invasive, qui capturait des images de l'œil et du champ de vision du sujet.

Procédure et plan d'expérience

Après une phase de familiarisation, les participants ont réalisé six tours de circuit, avec une période de repos de cinq minutes entre chaque tour. Les deux premiers tours étaient des tours de base. C'étaient des scénarios simples. Dans l'un, il n'y avait pas de voiture dans la voie occupée par le participant. Dans l'autre, il y avait une voiture lente devant qui incitait le conducteur à ralentir ou à effectuer un dépassement. Puis, chaque participant a effectué quatre tours expérimentaux, issus du croisement de deux facteurs indépendants à deux modalités : la Consigne (Sécurité vs Vitesse) et le Scénario (Sécurité vs Vitesse).

- La consigne Sécurité (Cse) mettait l'accent sur l'enjeu de sécurité : "*Imaginez que vous transportez un bébé à bord et que vous devez être très prudent*".

- La consigne Vitesse (Cvi), pour sa part, induisait un enjeu de temps : "*Imaginez que vous avez un rendez-vous très important pour vous comme un entretien d'embauche et que vous êtes en retard*".
- Dans le scénario Sécurité (Sse), une voiture lente roulait devant, dans la même voie, incitant le conducteur à ralentir.
- Dans le scénario Vitesse (Svi), il y avait également un véhicule lent devant. Cependant, lorsque le participant s'approchait du véhicule lent, un autre véhicule plus rapide, bien visible dans le rétroviseur, jaillissait à l'arrière venant se coller tout près du véhicule du participant.

L'ordre de présentation des quatre conditions expérimentales a été contrebalancé entre les participants. Pour chacune de ces conditions expérimentales, un piéton était présent sur le bord de la route dans un virage. Avant le premier tour et après chaque tour, un questionnaire a été administré pour recueillir les performances perçues et le sentiment de maîtrise de la situation (voir plus bas).

Mesures

Les données recueillies sont de trois types : des mesures subjectives, des comportements de conduite automobile et des données de fixations visuelles.

Mesures subjectives

- *Hiérarchie initiale de priorités.* Avant de conduire sur le simulateur, il a été demandé à chaque participant de choisir parmi trois critères de performance acceptable, la vitesse, le respect du code de la route et la sécurité, lequel d'entre eux était pour eux, en général, le plus important et lequel était, en général, le moins important.
- *Mémoire du piéton.* Après chaque tour de circuit correspondant aux quatre conditions expérimentales, deux photos étaient présentées au participant, dans un ordre contrebalancé. Elles étaient prises du point de vue du conducteur et montraient toutes les deux une partie de la route. Une des photos montrait un virage dans lequel aucun piéton n'était présent, ni sur la simulation ni sur l'image. L'autre photo, quant à elle, montrait le virage dans lequel le piéton avait été présent sur le bord de la route durant la simulation mais sans figurer sur la photo. Il était alors demandé au participant si le virage se présentait bien comme cela dans la simulation. En cas de réponse négative, il était demandé de dire ce qu'il y avait de différent. La mémoire du piéton, en lien avec le nombre de regards portés sur le piéton et dans le rétroviseur, évalue la capacité à faire une tâche multiple durant l'activité de conduite.
- *Sentiment de maîtrise de la situation.* Après chaque tour, le participant devait évaluer ce sentiment sur une échelle en quatre points (du plus faible au plus élevé).
- *Performance perçue.* Après chaque tour, et après l'évaluation du sentiment de maîtrise de la situation, chaque participant devait indiquer quel critère de performance (vitesse, respect du code ou sécurité) a été

le mieux réussi et lequel a été le moins bien réussi. Cette mesure nous renseigne sur la hiérarchie de priorités entre enjeux qui, de fait, a été finalement adoptée durant le tour.

Comportements de conduite automobile

Ont été prises en compte la vitesse et la variabilité de la vitesse, ajustée par la vitesse (comme co-variable puisque lorsque la vitesse moyenne augmente la variabilité de la vitesse entre les lignes droites et les virages augmente aussi)³. La vitesse est un indicateur de l'effet de la consigne sur la performance acceptable concernant le critère du temps (à la condition que le participant ait l'impression d'avoir maîtrisé la situation). La variabilité de la vitesse est interprétée en terme de réactivité du contrôle cognitif. Plus la variabilité de la vitesse est élevée et plus le contrôle cognitif est réactif. Cependant, pour éviter que cette variable soit plus le reflet d'une augmentation éventuelle de la variabilité générale chez les TC, due à leurs caractéristiques neuronales, qu'une mesure de la réactivité du contrôle cognitif, il est nécessaire de repérer des différences entre les tours de circuit. La performance dans le maintien de la trajectoire, quant à elle, est donnée par la distance (en *mm*) entre le centre de la voiture et le centre de la voie.

Fixations visuelles⁴

- (a) *Durée moyenne de fixation.* Une fixation visuelle est une position stable de l'œil qui dure plus de 80 *ms*. Plus la fixation se prolonge et plus on considère que le contrôle cognitif est symbolique. Cependant, comme cette variable peut être, pour les participants TC, le reflet de leur baisse générale de vitesse de traitement, des différences entre les tours pour un même groupe doivent être prises en compte pour conclure en termes de variations du contrôle symbolique.
- (b) *Pourcentage de temps passé à regarder une zone d'intérêt par rapport au temps d'un tour.* Les zones d'intérêt (au nombre de 6 pour les lignes droites et de 7 pour les virages) sont présentées dans la figure 12.1. La zone de fixation Proche est liée à un traitement réactif alors que les zones Loin en ligne et Point tangent en virage sont liées au contraire à un traitement anticipatif. La zone Rétroviseur renvoie au temps partagé entre le contrôle de la trajectoire et la gestion des interactions avec le trafic.
- (c) *Nombre de regards portant sur le piéton au bord de la route.* Cette mesure est liée à la prise en compte des autres usagers de la route (temps partagé), comme les fixations dans le rétroviseur.

3. En raison de bogues dans l'enregistrement des données, les données d'un CTRL et d'un TC n'ont pas été prises en compte pour la variabilité de la vitesse.

4. Des problèmes techniques lors des enregistrements pour les mesures (a) et (b) ont fait que les données de deux participants TC n'ont pas été prises en compte.

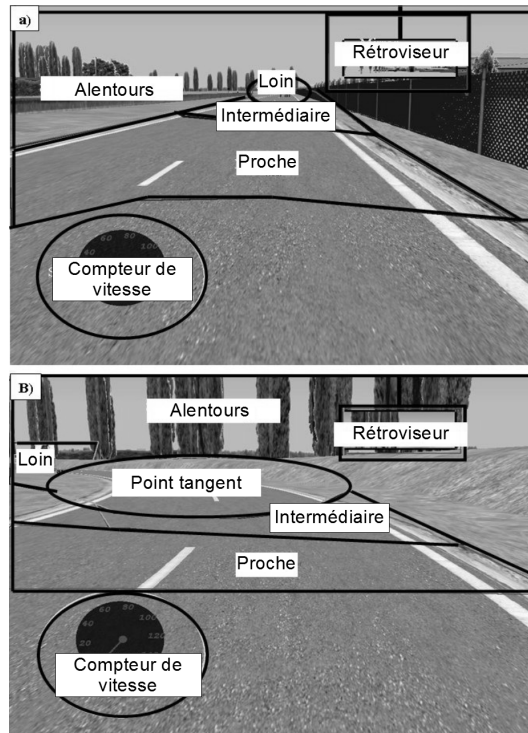


Fig. 12.1 Zones d'intérêt : (a) pour les lignes droites, (b) pour les virages.

Méthodes d'analyse

Les données numériques ont été traitées par une analyse fiducio-bayésienne des comparaisons (Lecoutre, 1984, 1996 ; Rouanet et Lecoutre, 1983 ; Rouanet, 1996) avec le logiciel PAC (Lecoutre et Poitevineau, 2005). On rappelle que cette approche permet, à partir d'un modèle d'échantillonnage, de conclure en termes d'importance des effets parents en les associant à une certaine garantie (nous reprenons la garantie bayésienne usuelle 0,90). Pour les comparaisons à un degré de liberté, la grandeur des effets est estimée à partir des différences empiriques (notée d pour l'échantillon et δ pour les effets parents). Pour les comparaisons à plusieurs degrés de liberté, la taille des effets est estimée par la moyenne quadratique des différences (notée l pour l'échantillon et λ pour les effets parents). Lorsque la précision expérimentale est insuffisante pour généraliser une conclusion sur la taille des effets parents, au moins avec la garantie usuelle, on inscrit la mention "pas de gén.". Les variables issues des mesures subjectives ont toutes été traitées à partir de tests bilatéraux binomiaux (sous l'hypothèse nulle que les réponses sont données au hasard la probabilité d'une réponse est de $1/r$, où r est le nombre possible de réponses à savoir 3 ou 4 dans le cas présent). Les différences de groupes ont été testées à partir de l'indice BIC (Bayesian Information Criterion, Schwarz, 1978) : plus la valeur de l'indice est petite et meilleur est le modèle (au sens du meilleur compromis entre par-

cimonie et vraisemblance). Le modèle retenu est donc celui qui a le plus petit BIC.

Hypothèses

Effet de la consigne

La consigne induisant un enjeu de temps ou de sécurité, elle devrait directement déterminer la performance acceptable. Cela devrait donc se traduire par un effet important sur la performance réelle concernant la vitesse.

Effet du scénario

L'effet du scénario sur la performance est indirect. Il est médié par le fait qu'un conflit est généré ou pas entre les événements de la situation et la performance acceptable et le fait qu'il y a éventuellement un effet de facilitation pour arbitrer entre les enjeux concurrents du temps et de la sécurité (voir le tableau 12.1). Le type de scénario pourrait donc avoir un effet global sur la performance réelle, mais léger.

Interaction de la consigne et du scénario

Le tableau 12.1 résume les attentes concernant la combinaison des deux facteurs. L'interaction entre la consigne et le scénario tient au conflit pouvant exister entre le réel et la performance acceptable. Or, il se trouve que la résolution de ce conflit peut être éventuellement facilitée par la propriété particulière du scénario. Cette propriété peut conduire à une modification de la performance acceptable en accord avec la consigne, éventuellement assortie de possibles changements dans le compromis cognitif. Cela peut être le cas pour le scénario vitesse quelle que soit la consigne. La situation la plus difficile est sans doute celle qui demande à gérer simultanément une consigne de vitesse associée au scénario de sécurité. Enfin, avec la combinaison d'une consigne de sécurité avec un scénario de sécurité, il n'y a pas de conflit.

Groupe et effet d'interaction

En accord avec la littérature, les conducteurs TC devraient adopter un contrôle plus réactif que les CTRL du fait de leur difficulté à anticiper et à planifier (Lundqvist et Rönnberg, 2001 ; Lew *et al.*, 2005 ; Ponsford, Viitanen, Lundberg et Johansson, 2008 ; Stinchcombe, Yamin, Cyr, Gagnon, Marshall, Hing et Finestone, 2008). En ce qui concerne le contrôle symbolique, la question reste ouverte. Il peut y avoir des différences entre les deux groupes concernant les effets principaux des facteurs sur le contrôle cognitif.

Tableau 12.1 Conflit entre l'enjeu induit par la consigne et la réalité, possibilités d'arbitrage entre les enjeux

	Scénario Vitesse : voiture lente devant et voiture rapide à l'arrière	Scénario Sécurité : voiture lente devant uniquement
Consigne Vitesse	Conflit entre la réalité favorable à l'enjeu de sécurité (voiture lente) et l'enjeu de temps (induit par la consigne Vitesse) mais la voiture rapide facilite l'arbitrage en faveur du temps.	Conflit entre la réalité favorable à l'enjeu de sécurité (voiture lente) et l'enjeu de temps (induit par la consigne Vitesse) sans aucune facilitation pour arbitrer entre les deux enjeux.
Consigne Sécurité	Conflit entre la réalité favorable à l'enjeu de temps (voiture rapide qui pousse à l'arrière) et l'enjeu de sécurité (induit par la consigne Sécurité) mais la voiture lente facilite l'arbitrage en faveur de la sécurité.	Pas de conflit.

Résultats

On présente d'abord les résultats concernant la performance acceptable provenant des réponses fournies au questionnaire. Ensuite seront examinés les effets de la consigne et du scénario sur le compromis cognitif (symbolique/subsymbolique, anticipatif/réactif). Enfin, seront abordées les conséquences du contrôle cognitif sur la capacité à effectuer une tâche multiple (temps partagé) durant la conduite automobile.

Performance acceptable

Hiérarchie initiale de priorités et maîtrise de la situation

En premier lieu, les résultats relatifs à la hiérarchie initiale de priorités ont montré que les conducteurs TC se sont sentis concernés majoritairement (5 sur 7, le test binomial étant significatif, $p \leq 0,05$) par le respect du code de la route, alors qu'aucun critère particulier n'est ressorti pour les CTRL. En effet, seuls 2 conducteurs CTRL ont fait le même choix et ce résultat ne diffère pas du hasard (test binomial : $p \geq 0,99$, ns).

En second lieu, le sentiment de maîtrise de la situation a toujours été noté strictement au-dessus de 2 sur une échelle allant de 1 à 4, pour tous les participants. Pour les tours expérimentaux, la note a même été supérieure à 3 pour quatre des sept participants TC et pour tous les CTRL. Avec le critère du BIC, aucune différence de groupe n'a pu être mise en évidence.

Tous les participants ont donc eu le sentiment d'avoir atteint un niveau de performance satisfaisant. Par conséquent, il est possible d'utiliser l'analyse de la performance réelle, qui est ici la vitesse moyenne, pour interpréter des différences de groupe durant l'activité de conduite en termes de performance acceptable, sur le critère de la vitesse qui concerne l'enjeu de temps.

Effet de la consigne et du scénario sur la performance acceptable

En ce qui concerne la performance perçue, plus des deux-tiers des participants a indiqué avoir le mieux réussi le critère de performance qui était donné dans la consigne, c'est-à-dire la vitesse pour la consigne Vitesse et la sécurité pour la consigne Sécurité et aucune différence de groupe n'a été trouvée avec le BIC.

Conformément aux attentes, la figure 12.2 montre que, comparativement aux tours de base (notés base 1 et base 2 sur la figure 12.2), la consigne Vitesse a donné lieu à une augmentation de la vitesse moyenne ($d = 2,06 \text{ m/s}$; $t(11) = 3,15$; $p \leq 0,01$; $\delta > 1,17 \text{ m/s}$) et la consigne Sécurité a produit une baisse de la vitesse ($d = 1,95 \text{ m/s}$; $t(11) = 3,47$; $p \leq 0,01$; $\delta > 1,18 \text{ m/s}$). La consigne a donc eu clairement un effet sur la performance acceptable. Les scénarios Vitesse ont provoqué une plus grande vitesse que les scénarios Sécurité (respectivement $18,23 \text{ m/s}$ vs $17,20 \text{ m/s}$; $d = 1,03 \text{ m/s}$; $t(11) = 2,86$; $p \leq 0,02$; $\delta > 0,54 \text{ m/s}$). La voiture rapide arrivant à l'arrière a donc joué un rôle plus important dans l'arbitrage de la performance acceptable que celui tenu par la voiture lente de devant quand elles ont été présentes simultanément (dans les scénarios Vitesse).

Par ailleurs, l'effet de la voiture rapide à l'arrière est net pour le groupe TC. Avec la consigne Sécurité, le groupe TC a roulé un peu plus vite dans le scénario Vitesse que dans le scénario Sécurité ($d = 1,22 \text{ m/s}$; $t(6) = 2,13$; $p \leq 0,08$; $\delta > 0,39 \text{ m/s}$) alors que pour le groupe CTRL cette différence est très faible ($d = 0,36 \text{ m/s}$) et non significative ($t(6) = 2,13$; $p > 0,65$; pas de gén.). Par conséquent, les conducteurs TC ont été sensibles à la pression de la voiture de derrière, modifiant leur performance acceptable en faveur du critère de vitesse.

Les deux groupes ont réussi à maintenir leur véhicule au centre de la voie ($d = 39 \text{ mm}$; $t(10) = 0,68$; $p > 0,51 \text{ ns}$; $|\delta| < 122 \text{ mm}$). Bien que les TC ont toujours conduit un peu plus à droite de la voie que les CTRL, la différence a été négligeable ($d = 139 \text{ mm}$; $t(9) = 1,20$; $p > 0,26 \text{ ns}$; $|\delta| < 300 \text{ mm}$). Aucun effet de la consigne ou du scénario n'a été trouvé concernant le maintien du véhicule dans la voie (pour les deux facteurs, en comparaison avec les scénarios de base : $|d_{max}| < 149 \text{ mm}$; $t_{max}(9) = 2,37$; $p = 0,04 \text{ ns}$; $\lim_{max}|\delta| < 314 \text{ mm}$).

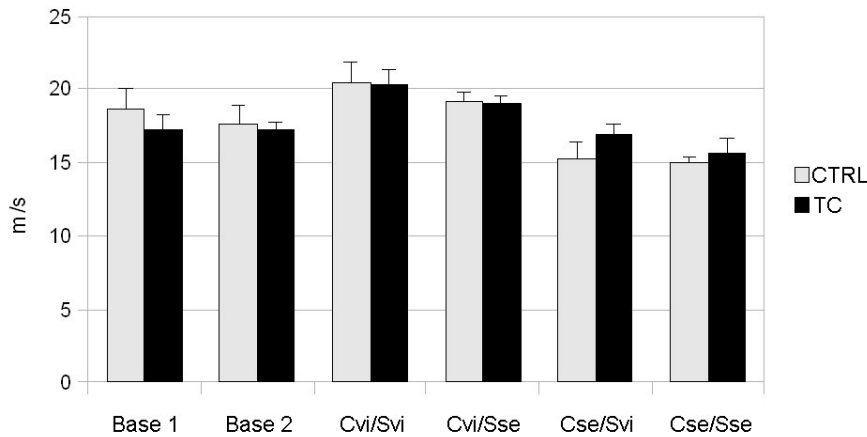


Fig. 12.2 Vitesse moyenne avec les erreurs-types. C = Consigne ; S = Scénario ; vi = vitesse ; se = sécurité.

Contrôle symbolique

La répartition du contrôle sur la dimension subsymbolique/symbolique, mesurée par la durée moyenne des fixations, révèle des contrastes dans les lignes droites et de faibles différences dans les virages.

La durée moyenne de fixation obtenue par les deux groupes dans les lignes droites est exposée dans la figure 12.3. La lecture de cette figure montre, qu'en ligne droite, le contrôle cognitif est plus symbolique pour les conducteurs TC que pour les autres, puisque les durées de fixations sont plus longues pour les TC ($d = 98 \text{ ms}$; $t(8) = 2,10$; $p \leq 0,07$; $\delta > 32,81 \text{ ms}$). Ce résultat peut-il être imputable à une plus faible vitesse de traitement cognitif de la part des TC ? Probablement pas. En effet, alors que la répartition du contrôle cognitif est relativement stable d'un tour à l'autre pour le groupe des CTRL sur la dimension subsymbolique/symbolique ($l = 18,64 \text{ ms}$; $F(5, 25) = 0,23$, $p > 0,95 \text{ ns}$; $|\lambda| < 61,08 \text{ ms}$), elle varie pour le groupe TC ($l = 73,94 \text{ ms}$; $F(5, 15) = 1,08$, $p > 0,41 \text{ ns}$; $\lambda > 64,47 \text{ ms}$)⁵. De plus, comparé à celui des conducteurs CTRL, le contrôle cognitif des conducteurs TC s'est révélé être beaucoup plus symbolique dans le premier tour de base ($d = 178,27 \text{ ms}$; $t(8) = 2,02$; $p \leq 0,08$; $\delta > 55,24 \text{ ms}$) et dans le tour expérimental qui ne suscite aucun conflit c'est-à-dire celui avec la consigne Sécurité et le scénario Sécurité ($d = 126,76 \text{ ms}$; $t(8) = 3,31$; $p \leq 0,02$; $\delta > 73,28 \text{ ms}$). Dans tous les autres tours, la différence entre groupes est demeurée faible ($d = 71,16 \text{ ms}$; $t(8) = 1,32$; $p > 0,23 \text{ ns}$; pas de gén.). Il est donc possible de conclure que le contrôle cognitif des TC est toujours plus symbolique que celui des CTRL, en particulier dans les tours où la tâche de conduite est moins exigeante.

Dans les virages, l'analyse a montré que les différences entre les deux groupes sont négligeables ($d = 1,86 \text{ ms}$; $t(8) = 0,09$; $p > 0,93 \text{ ns}$; $|\delta| < 38 \text{ ms}$) avec

5. La valeur λ est la moyenne quadratique ; elle peut être interprétée comme la fluctuation d'un tour de circuit à l'autre de la moyenne des durées de fixation.

aucun effet particulier dans chaque tour (pour les six comparaisons : $d < 60$ ms ; $t_{max}(8) = 0,40$; $p > 0,68$ ns ; $lim_{max}|\delta| < 84$ ms).

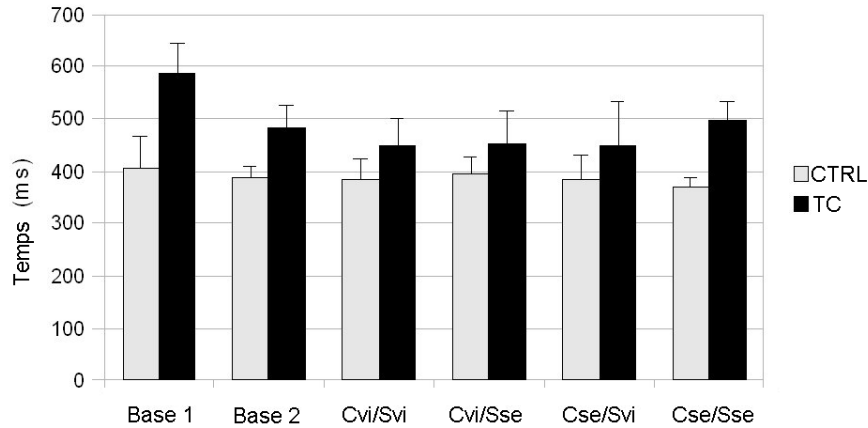


Fig. 12.3 Durée moyenne de fixation dans les lignes droites avec les erreurs-types. C = Consigne ; S = Scénario ; vi = vitesse ; se = sécurité.

Contrôle réactif

La dimension anticipatif/réactif du contrôle cognitif a été évaluée à partir de la variabilité de la vitesse ajustée par la vitesse moyenne ainsi que par le pourcentage de temps passé par tour à regarder dans des zones d'intérêt synonymes d'anticipation (zone Loin en ligne droite et Point tangent en virage) ou synonymes de contrôle réactif (zone Proche). Toutes ces mesures ont montré que le groupe TC est plus réactif que le groupe CTRL. Cependant, le pourcentage de temps passé à regarder une zone d'intérêt s'est révélée être plus sensible aux différences de groupe.

La figure 12.4 montre que la variabilité de la vitesse a été plus importante pour les conducteurs TC ($d = 0,55$ m/s ; $t(8) = 1,48$; $p > 0,18$ ns ; $\delta > 0,03$ m/s). Cette différence est due essentiellement aux tours dans lesquels il y avait une consigne de sécurité ($d = 0,64$ m/s ; $t(8) = 1,58$; $p > 0,16$ ns ; $\delta > 0,07$ m/s et $d = 0,71$ m/s ; $t(8) = 2,02$; $p < 0,08$; $\delta > 0,22$ m/s respectivement pour les scénarios Vitesse et Sécurité). De ce fait, ce résultat ne peut pas être interprété comme une caractéristique générale des TC consistant en une plus grande variabilité de leurs performances. Il est au contraire le signe d'un contrôle cognitif plus réactif (i.e. moins anticipatif) que celui des conducteurs CTRL. Et cela est particulièrement vrai avec la consigne Sécurité dans laquelle les TC n'ont pas réduit leur réactivité à la même auteur que les CTRL.

Le pourcentage de temps passé par tour à regarder dans des zones d'intérêt dans les lignes droites est exposé dans la figure 12.5. Les conducteurs CTRL ont passé plus de temps que les TC à regarder la zone Loin ($d = 25,14$ % ; $t(8) =$

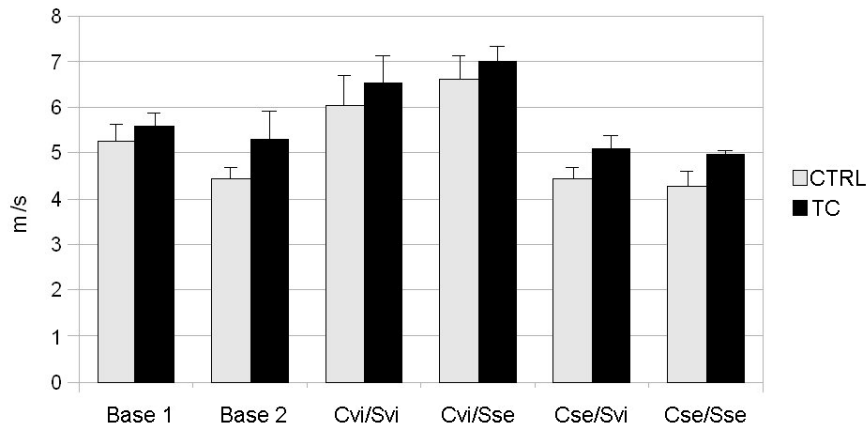


Fig. 12.4 Variabilité de la vitesse ajustée par la vitesse moyenne avec les erreurs-types. C = Consigne; S = Scénario; vi = vitesse; se = sécurité.

1,65 ; $p < 0,14$; $\delta > 3,83$ %). La principale différence entre les groupes tient à la zone Proche que les TC ont plus regardé ($d = 27,42$ % ; $t(8) = 2,98$; $p < 0,02$; $\delta > 14,55$ %). Dans les virages, les CTRL ont regardé légèrement plus le Point tangent que les TC ($d = 8$ % ; $t(9) = 1,95$; $p < 0,09$; $\delta > 2,45$ %). Ce résultat montre que les TC ont produit moins de fixations que les autres dans cette zone d'anticipation. Ce comportement oculaire est un indice d'une plus grande réactivité des TC, ce qui confirme les analyses de la variabilité de la vitesse.

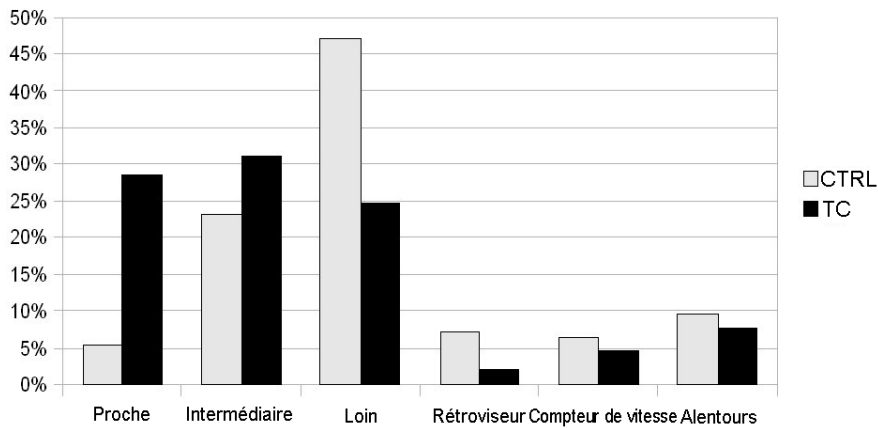


Fig. 12.5 Pourcentage de temps passé par tour à regarder différentes zones d'intérêt dans les lignes droites.

Le pourcentage de temps passé par tour à regarder dans dans la zone Proche dans les lignes droites est présenté dans la figure 12.6. L'examen de la figure révèle que la réactivité du contrôle cognitif des TC n'est pas stable d'un tour

à l'autre. Comparativement aux CTRL, cette réactivité ne baisse que dans le tour qui ne suscite pas de conflit (consigne Sécurité avec le scénario Sécurité : $d = 4,54\%$; $t(8) = 0,63$; $p > 0,55$ ns ; $\delta < 14,37\%$). Pour tous les autres tours, la différence entre groupes était plus élevée ($d = 32\%$; $t(8) = 3,02$; $p < 0,02$; $\delta > 17,19\%$). Aucune autre différence significative n'a été trouvée.

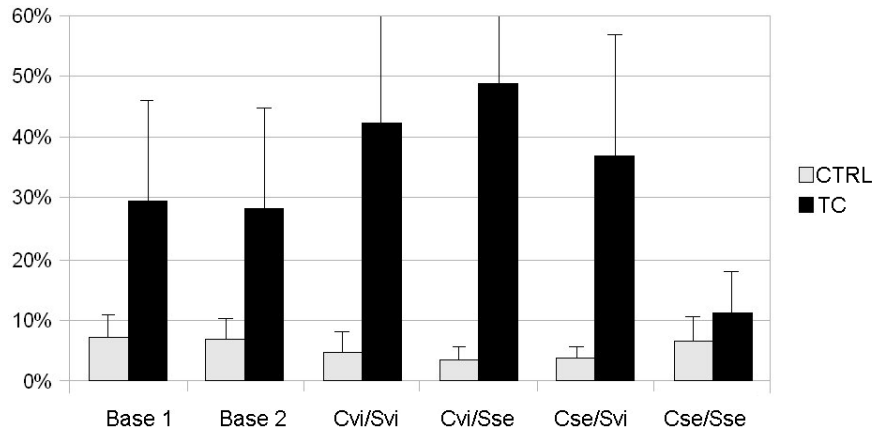


Fig. 12.6 Pourcentage de temps passé par tour à regarder la zone Proche dans les lignes droites avec les erreurs-types. C = Consigne ; S = Scénario ; vi = vitesse ; se = sécurité.

Tâche multiple

En ligne droite, les conducteurs CTRL ont plus regardé le rétroviseur que les TC ($d = 5,66\%$; $t(8) = 4,52$; $p < 0,01$; $\delta > 3,91\%$). Cela peut s'interpréter en termes d'une plus faible capacité pour les TC à basculer sur une partie secondaire de la tâche principale de conduite.

Comme le montre la figure 12.7, le temps passé à regarder dans le rétroviseur a été plus important dans les tours expérimentaux que dans les deux tours de base. La variation d'un tour à l'autre de ce pourcentage a été plus franche pour les conducteurs CTRL ($l = 6,68\%$; $F(5, 25) = 5,91$, $p < 0,001$; $\lambda > 5,60\%$) que pour les TC ($l = 1,80\%$; $F(5, 15) = 1,56$, $p > 0,24$ ns ; $\lambda < 3,11\%$). En réalité, les CTRL ont plus regardé dans leur rétroviseur durant le scénario Vitesse ($d = 7,86\%$; $t(5) = 4,70$; $p < 0,005$; $\delta > 5,40\%$) comparativement aux conducteurs TC ($d = 1,14\%$; $t(3) = 1,05$; $p > 0,37$; $\delta < 3,12\%$). Ce résultat suggère que le groupe TC est moins à même d'effectuer la partie secondaire de la tâche, en particulier lorsqu'il est nécessaire de surveiller le comportement du véhicule rapide à l'arrière.

Dans l'ensemble, les participants ont tous regardé au moins une fois le piéton qui se trouvait sur le bord de la route. Cependant, les conducteurs CTRL ont porté en moyenne deux fois plus de regards (3,21) sur ce piéton que le groupe des TC (1,54). Cette différence est significative et notable

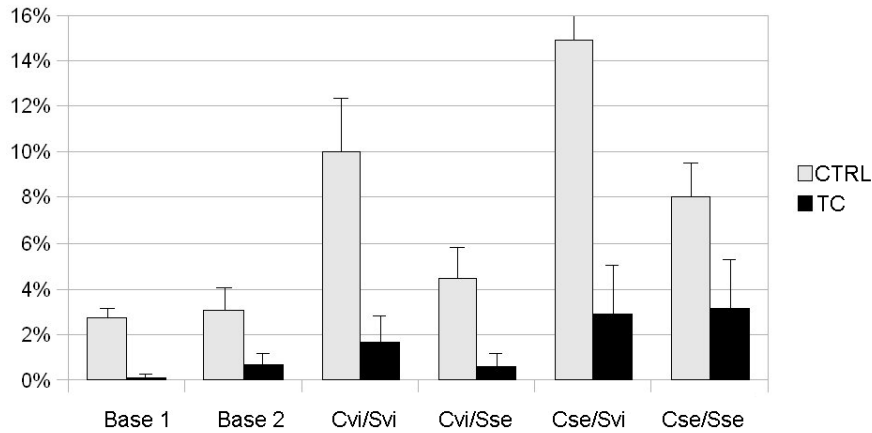


Fig. 12.7 Pourcentage de temps passé par tour à regarder le rétroviseur dans les lignes droites avec les erreurs-types. C = Consigne; S = Scénario; vi = vitesse; se = sécurité.

($t(10) = 2,25$; $p < 0,05$; $\delta > 0,65$). La moitié des participants CTRL s'est souvenu avoir détecté le piéton sur le bord de la route alors qu'aucun des participants TC n'a déclaré l'avoir détecté (test exact de Fisher $p = 0,07$). En conséquence, le groupe TC paraît être moins en mesure que le groupe CTRL de détecter des événements imprévus mais pertinents, comme un piéton sur le bord de la route. Ce fait est cohérent avec la difficulté mentionnée plus haut à traiter une information présente dans le rétroviseur.

Résumé des résultats

Pour résumer, cinq résultats principaux ressortent de cette étude. Pour bien situer ces résultats dans le cadre général de la dynamique du contrôle cognitif, le lecteur pourra se référer à la figure 11.2 fournie dans le chapitre précédent.

1. Les participants TC ont déclaré au départ accorder plus d'importance au respect du code alors que les conducteurs CTRL n'ont pas exprimé de priorité initiale particulière parmi les différents critères de performance acceptable. Cela peut s'expliquer par la crainte éventuelle des TC, évoquée en début de chapitre, de perdre leur permis de conduire en commettant des infractions. Les deux groupes ont eu par ailleurs le sentiment de maîtriser la situation et d'avoir atteint la performance qu'ils voulaient, en accord avec la consigne (il s'agit de la partie sentiment de maîtrise de la situation sur la figure 11.2). Cela veut dire, d'une part, que leurs performances réelles peuvent être prises comme une indication de la performance acceptable et, d'autre part, que les adaptations ont toutes été réussies, du point de vue intentionnel.
2. Les facteurs consigne et scénario ont produit sur la performance acceptable les effets attendus. Les conducteurs ont conduit plus vite lorsque l'enjeu de temps a été induit. Cela signifie qu'ils ont adapté, pour l'acti-

vité en cours, leur hiérarchie de priorités en conséquence (voir la boucle modification des priorités sur la figure 11.2). Pour les TC, ce remaniement les a même conduit à revoir leur hiérarchie initiale de priorités qui accordait plus d'importance à l'enjeu normatif du respect du code de la route. De plus, la performance acceptable des TC s'est avérée plus sensible que celle des CTRL à la pression induite par la voiture rapide à l'arrière.

3. Les TC ont adopté un contrôle plus symbolique que les conducteurs CTRL, en particulier dans les situations les moins exigeantes (c'est-à-dire les scénarios non conflictuels : les tours de base et celui combinant la consigne Sécurité avec le scénario Sécurité). Mais, pour s'adapter aux situations les plus difficiles, les TC ont fait varier leur compromis cognitif vers un contrôle moins symbolique (se référer à la boucle répartition des traitements dans la figure 11.2). Les conducteurs CTRL, quant à eux, se sont avérés capables de faire face à toutes les situations avec le même compromis cognitif qui a été moins symbolique que celui des TC. De ce point de vue, leur compromis cognitif est plus robuste que celui des TC. L'équilibration n'a pas été nécessaire.
4. Les conducteurs TC ont adopté un compromis cognitif plus réactif que celui des CTRL. Cela est ressorti de plusieurs observables : ils ont eu une plus grande variabilité de la vitesse que les CTRL, ils ont passé plus de temps que les CTRL à regarder la zone Proche. Les TC n'ont réduit leur réactivité que dans le scénario expérimental non conflictuel (voir la boucle répartition des traitements dans la figure 11.2). Sur la dimension de la réactivité, l'adaptabilité des TC a été moins bonne que sur la dimension subsymbolique/symbolique. La réactivité des CTRL ayant peu changé d'un tour à l'autre, elle s'est également révélée être robuste.
5. Les participants TC ont été moins capables que les CTRL de traiter la sous-tâche secondaire de surveillance des événements (la voiture rapide à l'arrière ou le piéton sur le bord de la route).

Discussion

Les TC ont adopté un contrôle cognitif plus symbolique et plus réactif que les conducteurs sains. Ce résultat est important, d'un point de vue théorique, car il valide le caractère orthogonal des deux dimensions considérées dans le modèle du contrôle cognitif que nous avons présenté au chapitre précédent et qui a été largement inspiré de celui Hoc et Amalberti (2007). Le contrôle symbolique n'est pas nécessairement anticipatif ; il peut aussi être réactif. Les difficultés des TC à effectuer des traitements multitâches peuvent être expliquées par leur compromis cognitif. En effet, le contrôle symbolique est lent et coûteux en termes de ressources cognitives. Le contrôle réactif, quant à lui, implique souvent une collecte d'informations fréquente pour la même sous-tâche.

Une autre validation du modèle concerne à la fois le rôle déterminant des enjeux et le caractère dynamique du contrôle cognitif lors de l'adaptation aux différentes situations, en particulier celles suscitant un conflit entre enjeux an-

tagonistes (le temps *vs* la sécurité). Les participants TC ont dû modifier leur compromis cognitif sur les deux dimensions, subsymbolique/symbolique et réactif/anticipatif. Les conducteurs CTRL, quant à eux, ont fait preuve de stabilité dans leur compromis cognitif. Dans l'ensemble, les participants ont tous été en mesure d'ajuster leur performance acceptable pour faire face aux situations.

En raison des changements dans leur compromis cognitif, l'équilibration pour les TC pourrait être plus coûteuse que pour les participants CTRL. Cela amène à un commentaire sur l'attention. Nous l'avions définie dans le chapitre précédent comme étant une ressource de l'adaptation. Cette ressource est nécessaire pour amener des changements dans la répartition des traitements. Il existe trois principaux processus attentionnels (Parasuraman et Nestor, 1991) : l'attention sélective (le processus de filtrage principal), l'attention divisée (la possibilité de filtrer des parties distinctes), et une attention soutenue (le maintien dans la durée du processus d'activation/inhibition). Le caractère très symbolique du contrôle cognitif des participants TC pourrait être lié à des difficultés d'attention divisée. Pour compenser cette difficulté, les TC peuvent avoir délibérément choisi d'investir plus de ressources dans le traitement des informations de la tâche principale de conduite (celle qui consiste à déplacer le véhicule dans la voie), dans le but d'éviter la distraction par des signaux provenant des alentours et pour contrer la difficulté éventuelle à traiter les informations pertinentes qui pourraient se présenter. Une autre explication complémentaire possible au caractère plus symbolique du contrôle cognitif des TC tient à leur vitesse de traitement réduite qui ne leur permet guère de faire confiance à leurs routines mais qui reste tout de même compatible avec un traitement symbolique. La réactivité du contrôle cognitif des TC, quant à elle, est clairement liée aux lésions frontales qui sont corrélées avec des déficits dans la planification et dans l'anticipation. Quant à la difficulté à faire des tâches multiples, elle peut être imputable à des déficits dans l'attention partagée.

Du fait du caractère exploratoire de cette recherche et, évidemment, du nombre réduit de participants, il faut rester prudent dans la généralisation des résultats. Des études complémentaires sont nécessaires pour tirer des conclusions définitives à la fois en termes d'évaluation des difficultés de conduite et de recommandations pour la conception d'assistance à la conduite. A court terme, on peut déjà, sur la base des premiers résultats obtenus, envisager certaines aides techniques à la conduites susceptibles, comme le contrôle partagé (Mars, Deroo et Charron, 2014), de soutenir la tâche principale (le maintien dans la voie) pour permettre aux conducteurs de libérer des ressources pour les tâches secondaires comme la gestion du trafic, la surveillance des événements imprévus...

Au-delà du contrôle cognitif, quelques réflexions sur les enjeux, l'adaptation et le développement

L'illustration expérimentale que nous avons exposée montre comment les enjeux conduisent à fixer une hiérarchie entre critères de la performance acceptable et à ajuster la répartition des traitements cognitifs en conséquence. Elle nous informe aussi comment les enjeux peuvent entrer en conflit avec le réel et

déboucher sur des rééquilibrations nécessaires. Cependant, au-delà du contrôle cognitif, les conduites des TC, pour peu que l'on reconstruise par la pensée leur psychogenèse, nous donne un exemple de la dialectique entre enjeux, adaptation et développement, à une échelle macrogénétique.

Dans le passé, ces personnes TC ont connu un développement psychologique brutal, en raison de leur traumatisme crânien consécutif à un accident. Leurs ressources ont été abimées, ce qui, sans aucun doute, peut être considéré comme une perte subie. Le temps passant, ils ont peu à peu récupéré certaines capacités, très certainement du fait de leur plasticité cérébrale (voir Baltes *et al.*, 1999 ; Karmiloff-Smith, 1994) et aussi de leurs pratiques de rééducation. Après une période de rémission et de convalescence, la question de pouvoir reprendre le volant (et d'en être légalement autorisé) s'est posée avec, pour eux, un double enjeu : celui de l'autonomie comportementale, voire professionnelle, et celui de la sécurité puisque conduire est une activité à risques, *a fortiori* si on a perdu des capacités.

Parce qu'ils ont recommencé à conduire depuis plusieurs années, on peut en déduire, qu'à cette période critique de leur vie, l'enjeu de l'autonomie a pris le dessus. Ce qui devait certainement être en accord avec leur intentionnalité du moment. Et, puisqu'ils conduisent régulièrement, ils ont réussi à mettre en place des solutions adaptatives pour tenter de répondre, malgré tout, à l'enjeu de sécurité. C'est la marque d'un développement psychologique que l'on peut présumer plutôt favorable à l'adaptation biologique, en l'absence d'information sur tout nouvel accident. Les formes d'adaptation dont les TC ont fait preuve durant notre étude exploratoire nous apportent quelques enseignements sur ce développement psychologique.

On sait, à partir de leurs résultats aux tests neuropsychologiques et aussi grâce à leur façon de conduire durant l'étude, que les TC n'ont pas les mêmes ressources que les CTRL. L'adoption d'un contrôle cognitif fondé sur une concentration quasi-exclusive sur la tâche principale et un engagement fortement symbolique du compromis cognitif, laisse à penser qu'ils ont construit des méta-connaissances – même si on ne connaît pas leur degré d'anosognosie – qui rend possible une telle organisation de l'activité. Cependant, la comparaison avec les conducteurs tout-venants a révélé malgré tout chez les TC une difficulté à poursuivre simultanément des buts en accord avec des enjeux concurrents. Ainsi, pour tenter de conserver coûte que coûte le véhicule dans la voie, les TC renoncent à passer beaucoup de temps à gérer le trafic (la voiture rapide de derrière). Or, pour répondre à l'enjeu de sécurité induit par la consigne, il ne faut pas se laisser entraîner à aller vite par la voiture de derrière. Toutefois, cela suppose de souvent surveiller son rétroviseur et, donc, à défaut de pouvoir adopter une attention divisée, de ne plus se préoccuper du maintien dans la voie. Les TC ont choisi le maintien dans la voie mais le prix à payer a été le renoncement à une part de l'enjeu de sécurité. Dans cette étude, les conducteurs tout-venants n'ont pas été confrontés à un tel dilemme, non pas parce que cela ne peut jamais leur arriver mais sans doute à cause des situations de conduite qui leur étaient proposées qui ne les poussaient pas aux limites de leurs possibilités cognitives.

Si l'on admet que de telles tensions entre enjeux sont tôt ou tard inévitables, comme l'ont clairement illustré toutes nos situations expérimentales, il devient intéressant de s'interroger, en termes d'adaptation et de développement, sur

la faculté à gérer ces tensions de même que sur les sources de production des enjeux chez les individus.

Conclusion générale

Des éléments de conclusion ont déjà été dégagés à la fin de chaque chapitre. Il s'agit à présent de récapituler les points essentiels obtenus à partir des différents travaux exposés. Nous tenterons de montrer que les enjeux jouent un rôle pivot, dans le sens où ils peuvent infléchir l'orientation de l'adaptation et même du développement. A ce titre, ils sont donc un facteur d'adaptation et de développement, qu'il peut être utile de prendre en considération pour mieux comprendre les incohérences ou contradictions apparentes dans les changements psychologiques, en particulier lors de tensions entre enjeux. Nous nous interrogerons alors sur les mécanismes susceptibles d'alimenter et de renouveler ces enjeux. Plus que des perspectives de recherche, en particulier, c'est un élargissement de l'étude du sujet en contextes qui sera suggérée.

Des enjeux à la dynamique de l'adaptation et du développement

En ce qui concerne l'adaptation, les études exposées ici ont montré, à plusieurs niveaux, que les enjeux orientent l'adaptation. Ils conduisent à sélectionner certains comportements parmi plusieurs possibles (partie 1). Ils conduisent à établir des hiérarchies de priorités entre critères de performance acceptable en cas de dilemme (partie 2). Enfin, ils peuvent infléchir la répartition des traitements cognitifs sur les deux plans étudiés (l'origine des données interne *versus* externe et la nature symbolique *versus* subsymbolique des traitements), lorsque le sentiment de maîtrise de l'activité vient à baisser (partie 3). Les enjeux agissent donc comme s'ils donnaient à l'individu la fonction réelle, subjective et principale de leur activité du moment. Dit autrement, en référence à la hiérarchie de Leontiev (1972), c'est bien eux qui déterminent le motif de l'activité, comme nous l'avons postulé au départ.

Lorsque l'individu maintient une adéquation entre les attentes du milieu, la conservation biologique et ses propres préoccupations, il y a une équilibration, une forme de cohérence de la pensée avec elle-même et avec le milieu. Cependant, dans les situations de dilemme que nous avons étudiées, les individus ne privilégient pas toujours la sécurité (adaptation biologique) ou encore la ré-

ponse aux attentes du milieu (adaptation au milieu). On peut donc en déduire que c'est vraisemblablement l'adaptation intentionnelle qui prime sur les autres formes d'adaptation, lorsqu'un choix est à faire. Qu'est-ce qui peut amener à la convergence entre les trois formes d'adaptation ?

Formulée autrement, cette interrogation renvoie à la capacité de l'individu à gérer des tensions entre enjeux concurrents, en maintenant une fonction principale dans son activité, par exemple celle exigée par son métier, malgré les variations de la situation qui peuvent créer des menaces pour sa conservation biologique ou pour son intentionnalité. Si on définit la résilience comme l'aptitude d'un système à résister activement à des menaces (Hale et Heijer, 2006), on peut qualifier de résilients les processus d'adaptation qui assurent le maintien d'une fonction en dépit de l'adversité. La question est donc de savoir ce qui rend l'individu résilient.

On peut éliminer la proposition selon laquelle la résilience serait un attribut général de la personne lui permettant, face aux difficultés, de conserver ou de revenir rapidement à un état psychologique relativement positif quel que soit le domaine. En effet, l'état de l'art établi par Rutter (2006) montre que la résilience dépend fortement du domaine d'activité et donc de la compétence de l'individu dans le domaine concerné. Ce résultat est d'ailleurs compatible avec la modularisation progressive des systèmes cognitifs décrite par Karmiloff-Smith (1994). Si on fait abstraction des systèmes préprogrammés à la naissance (certains aspects du langage ou de la marche), la compétence est, pour l'essentiel, issue du développement passé (Coulet, 2011 ; Vergnaud, 1990, 2009 et 2011). Plus elle est élevée dans le domaine de l'activité en cours et plus l'individu est capable, lors d'une même action, de poursuivre à la fois plusieurs critères différents de performance voire plusieurs objectifs. De la même façon, plus la compétence est importante et moins il y aura de distorsions dans la perception du réel, ce qui réduit de fait les risques de dilemmes imputables à une mauvaise lecture de la situation.

La compétence peut concerner aussi l'interprétation et la gestion de ses propres affects ou ceux des autres. Une telle compétence est qualifiée par certains d'intelligence émotionnelle (Jensen, Kohn, Rilea et Howells, 2007). En cas de dilemme, cette aptitude peut être utile pour un coping centré sur les émotions (Lazarus et Folkman, 1984) ou pour accepter momentanément la frustration. Au moyen d'imagerie par résonance magnétique fonctionnelle, une corrélation a été trouvée entre la capacité à faire face à des situations stressantes et la possibilité de ressentir des émotions en lien avec les demandes de l'environnement (Reynaud, Guedj, Souville, Trousselard, Zendjidjian, El Khoury-Malhame, Fakra, Nazarian, Blin, Canini et Khalfa, 2013).

Comme l'adaptation ne garantit pas le succès, la convergence entre les trois formes d'adaptation peut être, en certaines circonstances, un objectif impossible à atteindre. On en vient alors naturellement à s'interroger sur les raisons qui, en situation de dilemme, peuvent conduire les personnes en connaissance de cause à ne pas toujours privilégier la sécurité.

Selon une explication de prime abord séduisante, il s'agirait d'un reliquat d'une capacité ancestrale à opter pour des comportements qui, bien que dangereux, sont susceptibles de se révéler au final profitables, comme la chasse aux temps préhistoriques. Une telle affirmation est non seulement difficile à vérifier mais très spéculative. D'après les préhistoriens, la chasse étant alors re-

lativement fréquente parmi d'autres modes d'alimentation, il est vraisemblable que les humains étaient experts dans ce domaine. Cette activité n'était peut-être pas aussi dangereuse que cela (voir la synthèse dans la première partie de l'ouvrage de Harari, 2015).

Une autre thèse serait de dire que l'homme est un être qui, pour reprendre une expression courante, ne peut pas s'empêcher de vouloir "le beurre et l'argent du beurre", c'est-à-dire la sécurité et les bénéfices d'un choix contraire à la sécurité. Cependant, le simple fait que l'on soit en mesure de fiabiliser les décisions humaines (Morel, 2012) montre qu'un tel trait n'est pas inhérent à l'individu. Les travaux en psychologie sur l'adoption de comportements favorables à la santé (voir la synthèse de Charron, 2005) donnent des réponses beaucoup plus riches et nuancées, montrant des processus d'intégration de nombreuses variables cognitives (ex. les croyances, le sentiment d'auto-efficacité, l'intention comportementale...) et psychosociales (ex. les normes, l'exposition sociale à des messages de santé, l'appel à la peur...). Il s'agit d'un champ de recherche à part entière, toujours très actif.

A propos du développement, nos données (partie 2) ont confirmé notre attente selon laquelle les enjeux peuvent orienter aussi les transformations psychologiques stables. En y regardant de près, on peut y voir une conséquence du lien précédemment évoqué entre les enjeux et l'adaptation. En effet, les enjeux conduisent à faire des choix. En vertu de la double régulation (Rogalski, 2004) ou de l'accommodation mutuelle entre l'individu et les contextes le contenant (Bronfenbrenner, 1994), les conséquences de ces choix vont modifier le réel et donc les valeurs prises par les variables contextuelles et environnementales. En retour, le milieu physique et social, qui est un facteur de développement, ne va pas influencer le devenir de la personne de la même manière qu'avant les choix. Les enjeux débouchent sur une hiérarchie de priorités, ce qui fait que les efforts de l'individu vont être investis dans certaines actions et pas dans d'autres. Les schèmes ainsi mobilisés par ces actions vont faire l'objet d'assimilations et d'accommodations, pas les autres. Les schèmes délaissés, au contraire, vont finir par s'étioler, dépérir, par manque d'entraînement. Enfin, les enjeux fixent, *via* la performance acceptable, les objectifs lors de l'adaptation. Or les apprentissages, à activité égale, ne sont pas les mêmes, selon les buts que se donne l'individu (Thill, 1999). Ainsi, les enjeux guideraient à la fois les boucles de régulation longue et courte mais aussi leurs contenus.

Nous avons vu en introduction générale comment l'adaptation peut conduire au développement et que le développement peut être une modalité de l'adaptation de même qu'il fournit à l'adaptation, *via* les ressources, ses outils et ses limites. Au sommet de cet ensemble, les enjeux semblent donc jouer un rôle central d'aiguilleur.

Cependant, les enjeux ne sont pas une constante donnée une fois pour toute. Les résultats de la partie 2 ont montré également que les enjeux peuvent faire l'objet de variations microgénétiques en fonction du contexte et aussi macrogénétiques. Le chapitre 11 a même positionné au sein du contrôle cognitif ces variations. Les enjeux sont donc issus de processus dynamiques.

La production des enjeux, une question qui peut être éclairée par le recours à des disciplines connexes

Pour approfondir la compréhension de la dynamique des enjeux, on peut se référer à des travaux menés autour de questions très proches, parfois dans des disciplines connexes. Cependant, la littérature est fort abondante et hétérogène dans ses cadres théoriques comme dans ses approches méthodologiques. De plus, elle se renouvelle à un rythme qui ne laisse guère le temps à une personne de tout assimiler pour en faire une synthèse (si tant est que cela soit épistémologiquement possible). On se contentera donc ici d'esquisser quelques jalons, suggérant que la question de la production des enjeux, en lien avec l'adaptation et le développement, conduit à élargir la perspective d'étude au-delà des individus. On demande au lecteur de bien vouloir nous excuser pour les manques et oublis inévitables consécutifs aux choix que nous avons dû opérer au sein de cet ensemble immense de travaux.

Les modèles de la psychologie sociale de la santé (dérivés par exemple du "Health Belief Model" ou HBM de Becker et Maiman 1975, ou de la théorie du comportement planifié, "TPB" de Fishbein et Ajzen, 1980, cités par la synthèse de Charron, 2005) supposent souvent que l'individu fait un calcul du type "coût/bénéfice" préalable à son intention ou à son action. Ce calcul est souvent pris d'ailleurs par les sociologues dans un sens rationnel strict (par exemple pour les délinquants, efficacité de la police, mort ou arrestation de proches, difficultés croissantes à organiser un acte délinquant, *etc.*). Il peut cependant être également compris dans le sens beaucoup plus dramatisé d'un pari psychique (Sauvagnat, 2016).

En effet, la psychanalyse lacanienne (Sauvagnat, 2016) décrit quatre types de choix qui, à notre avis, permettent de toucher du doigt la nature des tirailllements intérieurs de la personne (conflits intra-psychiques) confrontée à des enjeux concurrents. Le premier est le choix exclu, qui est comparé par Lacan à la situation d'une personne qui, portant toute sa fortune sur soi est prise à partie par un malfaiteur armé et qui lui demande : "la bourse ou la vie?". Choisir de perdre la vie fait perdre la bourse. Mais choisir de perdre la bourse permet certes à la personne de conserver la vie mais dépourvue du sens que la bourse donnait à sa vie. Formulé autrement, il s'agit de devoir trancher entre un enjeu vital et un enjeu existentiel. Le sujet peut ainsi être dans l'incapacité de décider face à une situation qui le confronte à une quadrature du cercle indépassable⁶. Le deuxième choix découle du premier mais il s'agit de renoncer, de manière forcée par le contexte et en apparence de façon purement rationnelle, à ce qui donne inconsciemment du sens à la vie de l'individu, la bourse. Un tel choix peut être une source de passage à l'acte suicidaire, clairement non favorable à l'adaptation biologique. Le troisième type est le choix impossible. Il s'agit de réaliser par des actes surprenants vus de l'extérieurs (donc pas nécessairement adaptés au milieu) un désir infantile incarnant une sorte de vérité pour la personne mais en même temps frappé d'impossibilité, censuré par la personne, par le milieu social ou par le réel. Le quatrième type de choix est le

6. Le dramatique et devenu célèbre exemple des smokes jumpers, pompiers luttant contre un feu de forêt et s'étant retrouvés totalement désemparés une fois piégés mortellement par les flammes (Weick, 1993), peut être réinterprété dans ce cadre.

pari psychique, au sens du pari de Pascal. La personne agit en faisant le pari qu'au terme de son action elle pourra décrocher ce qui idéalement comblerait son manque. En d'autres termes, il s'agit de miser sur l'espérance positive du risque : même si l'occurrence du gain est jugée très peu probable, le bénéfice potentiel est supposé tellement élevé, que l'action vaut la peine d'être tentée. On peut voir dans ce type de choix une source potentielle d'activités génératives propices aux changements.

En filigrane, ces choix intérieurs n'existent que dans la relation à l'autre et au monde extérieur. On y trouve une référence implicite à Goffman (1974). Les travaux de ce sociologue permettent de comprendre comment la mise (gains potentiels ou pertes potentielles) des enjeux peuvent naître simplement des interactions sociales. Goffman (1974) compare la vie sociale à un théâtre dans lequel les individus auraient à jouer le rôle qui leur est dévolu, en fonction des circonstances qui se présentent. En fonction des situations, les personnes entrent en interaction. Elles seraient presque toujours tenues d'observer des rites, c'est-à-dire des comportements, des verbalisations, des expressions émotionnelles attendues par le rôle. Le simple écart à ce rôle ferait courir à l'individu un risque social. D'ailleurs, la psychologie a montré que la simple présence d'un observateur, qui pourtant ne dit rien et ne fait rien, suffit à changer la motivation au travail et l'efficacité des stratégies employées (Klehe et Anderson, 2007). Quant à la pression temporelle (voir la synthèse de Cœugnet *et al.* 2011) dans l'interaction sociale, elle peut conduire les personnes à modifier leur préférence vis-à-vis d'un risque (Saqib et Chan, 2015).

Les relations sociales sont d'ailleurs à la source de nombreux biais de jugement et de décisions qui, du point de vue extérieur apparaissent peu rationnelles car inadaptées à la réalité du milieu (Drozda-Senkowska, 1995 ; Morel, 2002). C'est un facteur essentiel à prendre en considération pour fiabiliser les décisions face à des enjeux importants, par exemple la sécurité en aéronautique (ChARRIER, Nicolas et Charron, 2016) ou, de manière générale, la performance dans toutes les organisations (Morel, 2012).

Nous avons vu également en introduction générale que les enjeux ont une composante relative à l'incertitude, c'est-à-dire à la croyance en l'existence des issues possibles ou de leurs probabilités de survenue. Or, en référence au théorème de Bayes, selon lequel la connaissance des données permet de mettre à jour après coup sa représentation initiale quant à la probabilité d'apparition des événements (de Finetti, 1974), des chercheurs montrent que le cumul des expériences de vie permettrait de régulièrement modifier la perception des risques (Denrell, 2007 ; Pleskac, 2008), ce qui rendrait possibles des décisions rapides et intuitives en contextes (Betsch et Glöckner, 2010). Cependant, rien ne garantit que le cerveau fonctionne effectivement de la sorte. La discussion pour savoir si l'homme est un processeur bayésien ou non est très vive (Berthoz, 2003).

Un éclairage complémentaire, toujours en lien avec l'expérience, vient d'autres écrits sur la prise de décision. Sur le plan biologique, les bases neurales de la décision sont encore loin d'être connues (Berthoz, 2003 ; Kuhnen et Knutson, 2005). Pour Berthoz (2003) cependant, la décision existerait même à des niveaux cellulaires très élémentaires. Elle serait une forme d'action dont certains biologistes trouvent d'ailleurs des origines dans les gènes. Par exemple, certains enjeux, comme le besoin d'explorer de nouvelles contrées pourraient provenir d'un marqueur génétique (Chen, Burton, Greenberger et Dmitrieva, 1999 ; Dre-

ber, Apicella, Eisenberg, Garcia, Zamore, Lum et Campbel, 2009; Roussos, Giakoumakis et Bitsios, 2009). Par des mécanismes darwiniens de sélection naturelle ou sexuelle, ce marqueur, au cours de l'histoire des hommes, deviendrait plus fréquent dans la population en périodes de fortes migrations (comme la conquête de l'Ouest aux États-Unis d'Amérique) et moins fréquent lors de la stabilisation des populations dans les villes (Chen *et al.*, 1999). Même si ces recherches font encore l'objet de débats (Munafò, Yalcinb, Willis-Owens et Flintb, 2007; Anderson, Dreber et Vestman, 2015) et que les bases biologiques des comportements sociaux ne sont pas simples à mettre en évidence (Ebstein, Israel, Chew, Zhong et Knafo, 2010), les liens entre l'évolution biologique des hommes en fonction de leur passé de preneur de risque (Skeel, Neudecker, Pilarski et Pytlak, 2007; Xue, Lu, Levin et Bechara, 2010) ou des changements culturels et sociaux au cours de leur histoire propre (Wanga, Kruger et Wilke, 2009) restent néanmoins des pistes intéressantes qui sont creusées par les travaux de ces biologistes.

Pour finir ce rapide parcours, il est important de mentionner que les règles d'interaction sociale ne vont pas de soi, comme des universaux qui s'imposeraient naturellement. Pour s'en convaincre, on peut même aller jusqu'à puiser dans des écrits de prime abord encore plus éloignés de la psychologie que ceux précédemment évoqués.

Les travaux du sociologue Freyssenet (Freyssenet et Magri, 1989, 1991; Freyssenet, 2015, 2016) montrent que les rapports sociaux sont nombreux comme par exemple le rapport capital-travail si important dans l'économie actuelle, le rapport étatique, le rapport de genre, le rapport marchand, le rapport coopératif, les rapports religieux, le rapport domestique, *etc.* Ils régissent un nombre variable d'activités humaines qui varient dans le temps et dans l'espace. Ils sont donc indépendants de la nature de ces activités mais ils sont toujours historiquement construits. Ils génèrent pour les individus une réalité qui leur est propre. Ce cadre théorique permet d'éclairer la constitution sociale et historique des enjeux à un niveau psychologique. Par exemple, dans le cas du rapport capital-travail, un individu vend sa force de production à un tiers qui l'achète en l'échange d'une somme d'argent. Ce rapport social crée des enjeux psychologiques dissymétriques pour chaque protagoniste mais inhérent à ce rapport. Pour celui qui vend sa force de travail l'incertitude porte sur ce qu'il peut espérer obtenir comme rétribution et/ou comme source de satisfaction ou d'épanouissement. Pour celui qui achète la force de travail, l'enjeu porte sur le contrôle du résultat qui est teinté d'incertitude : le risque (ou le bénéfice) est de ne pas obtenir (ou d'obtenir) le résultat correspondant à la somme investie. Les individus vivent généralement plusieurs rapports sociaux. De plus, par leurs logiques parfois antagonistes, les rapports sociaux peuvent déboucher sur des tensions très fortes chez la même personne : les individus "passent d'une logique à une autre, d'exigences à d'autres transformées en valeurs, au cours de la même journée" (Freyssenet, 2015, p. 11). Par exemple, le rapport capital-travail peut imposer à un cadre de traiter au téléphone la demande d'un client important, à un horaire où la vie familiale exige au contraire que l'on soit disponible pour les siens. Un enjeu psychologique de reconnaissance ou d'échec au travail peut ainsi entrer en compétition avec celui de l'amour ou du désamour de ses proches. Dans certains cas, le moyen d'échapper à ces tensions ou, selon nos mots, de réduire le déséquilibre est de subordonner tous les rap-

ports sociaux à un rapport social dominant, comme le rapport capital-travail pour la personne qui ne vit que pour son métier ou encore le rapport religieux pour le fanatique. Ce pourrait être clairement une explication possible de la radicalisation de certaines personnes (Freyssenet, communication personnelle, 2016).

En complément, les travaux de l'économiste Boyer (2015) confirment le caractère non universel des rapports sociaux, en montrant, pour ce qui est du capitalisme, que ce dernier n'est pas et n'a jamais été unique. Il y a eu dans le passé, et il y a actuellement, plusieurs formes de capitalismes qui coexistent. Générant donc, nous semble-t-il, tant pour les sociétés que pour les personnes, des conditions, des situations, des enjeux différents. De même, les modalités collectives de régulation pour faire face aux crises économiques, peuvent prendre des formes différentes et changent avec le temps (Boyer, 2015). Des travaux de certains historiens, comme ceux synthétisés par Le Bohec (Le Bohec, 2012, 2016), sont par ailleurs, également, très éclairants. Ils montrent que les conceptions qui fondent les enjeux des personnes ne vont pas de soi. Etroitement liées aux sociétés et aux époques concernées, ces conceptions ne peuvent être comprises que par rapport à des contextes culturels et historiques très précis. Par exemple, la spéculation, qui est un pari sur l'évolution espérée du prix d'un produit sans création de valeur ajoutée sur ce produit et qui est aujourd'hui à la base de nombreux produits financiers ou même de petits commerces réalisés par de simples particuliers, était jugée immorale et fortement sanctionnée dans l'empire Romain. Un dernier exemple plus différent encore est donné par la révolte des esclaves guidée par Spartacus et qui fut très sévèrement réprimée. Les historiens s'accordent à dire qu'elle était d'avance vouée à l'échec et au déshonneur donc à l'inadaptation à la fois biologique et au milieu. Or, on ne trouve pas à cette période de valeurs politiques comme celles d'égalité, de liberté, de nation, qui pourraient, à nos yeux, justifier un tel sacrifice au nom d'une intentionnalité tournée vers un sens moral supérieur. Cette révolte obéissait tout simplement à des logiques difficiles à comprendre de nos jours, puisque bon nombre de motifs de l'époque n'existent plus dans nos catégories actuelles de pensée (Le Bohec, 2016).

Des processus individuels aux interactions au sein d'un système

Les enjeux se constituent, se maintiennent ou se renouvellent dans l'interaction avec la situation : d'abord au sein d'une sorte de raisonnement ou de dialogue intérieur chez la personne en lien avec ses relations avec l'environnement physique et social immédiat, puis dans les échanges avec l'environnement social, culturel et historique. Ce constat invite naturellement à vouloir généraliser les réflexions menées sur l'analyse de l'activité individuelle aux interactions. Pour cela, il y a deux voies possibles (Leplat, 2006) : selon la première, l'individu est pris comme une pièce d'un puzzle plus grand constitué par le collectif ; selon la seconde approche, le groupe peut être considéré comme un système à part entière.

Il ne fait aucun doute que la première option a été fructueuse et le reste encore. Beaucoup de travaux en psychologie sociale peuvent y être rangés. Ils permettent d'expliquer le système motivationnel, les modalités de contrôle de l'individu en lien avec son système biologique et les interactions sociales (Efklides, Kuhl et Sorrentino, 2001 ; Higgins et Kruglanski, 1996). Il existe des aspects, cependant, qui ne peuvent pas être cernés par une telle démarche. La confiance interpersonnelle, qui est une dimension importante de l'adaptation dans le travail en équipe (Salas *et al.* 2005), en fait partie. Or toute exégèse uniquement au niveau des individus écrase les informations importantes de cette variable, notamment la possibilité que les relations de confiance ne soient pas réciproques (Charron, Jouanne, Morel et Chauvin, 2016).

Pour éviter cet écueil, la piste à suivre, qui relève clairement de la seconde approche, est de considérer comme unité statistique d'intérêt non pas les individus mais la relation entre les individus (Charron, Jouanne, Morel et Chauvin, 2016). Par rapport aux questions abordées dans ce texte, on en vient rapidement à se demander comment aborder alors l'adaptation et le développement, notions traditionnellement assignées aux individus en psychologie. En ce qui concerne les régulations, l'argumentaire développé par Leplat (2006) montre comment les étudier du point de vue des interactions. Quant à la robustesse de l'adaptation, c'est-à-dire la résilience, il s'agit d'une notion qui qualifie aussi, dans les mêmes termes, la gestion de l'activité d'une organisation qui anticipe et contourne les menaces à sa propre existence et à l'atteinte de ses buts essentiels (Hale et Heijer, 2006). A propos de la dynamique du développement des compétences à la fois individuelles et collectives au sein d'une organisation, elle se comprend nettement mieux dès lors que le collectif est pris comme un système (Coulet, 2014).

La question des interactions qui sont à la fois à la source des enjeux, de l'adaptation et du développement peut donc être traitée au travers de celle de la résilience, avec la seconde approche. C'est actuellement le principal objet de nos recherches en cours. Dans le cas des activités dynamiques, il faut inclure dans le codage des données en fonction du temps, les états et les comportements clefs des individus, les états du/des collectif(s) mais aussi des facteurs extérieurs aux personnes. Une telle approche s'est déjà révélée féconde pour expliquer l'adaptation au sein de petits collectifs (voir Jouanne, Charron, Morel et Chauvin, 2016). Il existe pour cela des cadres formels mathématiques qui s'appliquent, quelle que soit la nature, linéaire ou non, des interactions, pour modéliser l'adaptation dans les systèmes biologiques, humains ou techniques avec les changements du milieu (voir l'ouvrage introductif de Holland, 1992). De manière complémentaire, comme les relations entre les individus ou entre l'individu et son milieu ne sont pas forcément linéaires, ni nécessairement réciproques, ni obligatoirement synchronisées ; la théorie des lois de commande en automatique (Jagacinski et Flach, 2002) offre des outils également à fort potentiel. Ils permettent, entre autres choses, de modéliser le contrôle et ses variations, de façon distribuée entre différents agents ou entités et leurs contextes.

Il s'agit donc de tirer avantage des approches disciplinaires connexes, d'abord au sein même de la psychologie, puis avec les sciences sociales, les mathématiques appliquées ou encore l'automatique. S'écarter des domaines traditionnels d'étude du développement pour aborder les situations dynamiques est déjà un

pas sans doute difficile à franchir. Le recours à l'interdisciplinarité l'est encore plus mais l'enjeu en vaut la peine.

Références bibliographiques

Abou, A., Granié, M.A., & Mallet, P., (2007). Recherche de sensation, attachement aux parents et prise de risque dans l'espace routier chez l'adolescent piéton. *Actes du 1er colloque francophone de la Plateforme intégratrice copie, Le Piéton et son Environnement : Quelles Interactions ? Quelles Adaptations ?* Cédérom INRETS.

Ajzen, I., & Fishbein, M. (1980). *Understanding attitudes and predicting social behavior*. Englewood Cliffs, NJ : Prentice Hall.

Akaike, H., (1973). Information Theory and the Extension of the Maximum Likelihood Principle. *Second International Symposium on Information Theory*, Budapest, Hongrie, 267-281.

Allal, L. (2007). Introduction. Régulations des apprentissages : orientations conceptuelles pour la recherche et la pratique en éducation. In L. Allal et L. Mottier Lopez (Ed.), *Régulation des apprentissages en situation scolaire et en formation* (pp. 7-23). De Boeck Supérieur "Perspectives en éducation et formation".

Alexander, K., Cave, T., & Little, J.K., (1990). *The role of alcohol and age in predisposing pedestrian accidents*. Australian Road Safety Division, Victoria, Australie.

Amalberti, R. (1992). Safety in risky process control. *Reliability Engineering and System Safety*, 38, 99-108.

Amalberti, R. (1996). *La conduite de systèmes à risques*. Paris : Presses Universitaires de France.

Ampofo-Boateng, K., & Thomson, J.A., (1991). Children's perception of safety and danger on the road. *British Journal of Psychology*, 82, 487-505.

Anderson, A., Dreber, A., & Vestman, R. (2015). Risk taking, behavioral biases and genes : Results from 149 active investors. *Journal of Behavioral and Experimental Finance*, 6, 93-100.

Association Prévention Routière, Fédération française des sociétés d'assurances (2006). *Enquête auprès des parents sur les risques routiers pour les enfants*. Enquête réalisée par l'institut BVA, <http://www.preventionroutiere.asso.fr> (lien en date du 15/04/2012).

Assailly, J.P. (1997). *Les jeunes et le risque. Une approche psychologique de l'accident*. Paris : Vigot.

- Aubert, A., Charron, C., & Granié, M.A., (2005). Les fondements psychologiques de RESPECT, un simulateur éducatif pour l'enfant-piéton. *Actes du First International VR-Learning Seminar*, Laval, France, 1-9.
- Bainbridge, L. (1978). The process controller. In W.T. Singleton (Ed.), *The study of real skills, Vol. 1 : The analysis of practical skills* (pp. 236-263). St Leonardgate, UK : MTP.
- Baltes, P.B., & Brim, O.G. (1984). *Life Span and Behavior*. New York : Academic Press.
- Baltes, P.B., Staudinger, U.M., & Lindenberger, U. (1999). Lifespan psychology : Theory and application to intellectual functioning. *Annual Review of Psychology*, 50, 471-507.
- Bandura, A. (1997). *Self-efficacy : The exercise of control*. New York : Worth Publishers.
- Bandura, A. (2003). *Auto-efficacité. Le sentiment d'efficacité personnelle*. Bruxelles : De Boeck.
- Bäckman, L., & Dixon, R.A. (1992). Psychological compensation : A theoretical framework. *Psychological Bulletin*, 112, 259-283.
- Barton, B.K. (2006). Integrating Selective Attention into Developmental Pedestrian Safety Research. *Canadian Psychology*, 47(3), 203-210.
- Bergeron, J., Cambon de Lavalette, B., Tijus, C., Poitrenaud, S., Leproux, C., Thouez, J.-P., & Rannou, A. (2007). Effets des caractéristiques de l'environnement sur le comportement des piétons à des intersections urbaines. *Actes du 1er colloque francophone de la Plateforme Intégratrice copie Le Piéton et son Environnement : Quelles Interactions ? Quelles Adaptations ?* Cédérom inrets.
- Berthoz, A. (2003). *La décision*. Paris : Odile Jacob.
- Betsch, T., & Glöckner, A. (2010). Intuition in Judgment and Decision Making : Extensive Thinking Without Effort. *Psychological Inquiry*, 21, 279-294.
- Boyer, R. (2015). *Economie politique des capitalismes. Théorie de la régulation des crises*. Paris : La découverte.
- Brenac, T. (2010). Road safety of young pedestrians : accident processes and prevention strategies. *Territoire en mouvement*, 2008(1), 14-24.
- Brenac, T., & Yerpez, J. (1997). Scénarios types d'accidents de piétons. *Journées d'études sur les accidents de piétons*. Paris-La Défense.
- Brickenkamp, R. (1998). *Test d'attention concentrée : D2*. Paris : Editions du Centre de Psychologie Appliquée.
- Broadbent, D.E. (1958). *Perception and communication*. Oxford, UK : Pergamon Press.
- Bronfenbrenner, U. (1994). Ecological models of human development. *International Encyclopedia of Education*, Vol. 3, 2nd Ed. Oxford : Elsevier.
- Bronner, G. (2016). *La pensée extrême. Comment des hommes ordinaires deviennent des fanatiques*. Paris : Presses Universitaires de France.
- Brousseau, G. (1997). *La théorie des situations didactiques*. Paris : La pensée Sauvage.
- Bulletin Officiel (2002). Mise en œuvre d'une attestation de première éducation à la route dans les écoles maternelles et élémentaires. *Circulaire n° 2002-229 du 25.10.2002 parue au Bulletin Officiel 40*.
- <http://www.education.gouv.fr/botexte/bo021031/MENE0202499C.htm> (lien en date du 2/04/2008).

- Cadet, B., Chasseigne, G., Giraudeau, C., & Smida, A. (Eds.). (2013). *Ethique, risque et décision*. Paris : Publibook Université.
- Cahours, B., & Lancry, A. (2011). Emotions et activités professionnelles et quotidiennes. *Le travail humain*, (74)2, 97-106.
- Camus, J.F. (1996). *La psychologie cognitive de l'attention*. Paris : Armand Colin.
- Case, R. (1991). The mind and its modules : toward multi-level view of the development of human intelligence. In R. Case (Ed.), *The mind's staircase : exploring the conceptual underpinnings of children thought and knowledge* (pp. 324-256). Hillsdale, NJ : Lawrence Erlbaum Associates.
- Cellérier, G. (1987). Structures and functions. In B. Inhelder, D. de Caprona, A. Cornu-Wells, (Eds.), *Piaget Today* (pp. 15-36). Hillsdale, NJ : Lawrence Erlbaum.
- Cellier, J.M., Eyrolle, H., & Mariné, C. (1997). Expertise in dynamic environments. *Ergonomics*, 40, 28-50.
- Charrier, J.G., Nicolas, S., & Charron, C. (2016 sous presse). Improve safety by understanding the interaction between pilot and operational context. *Proceedings of the HCI-Aero 2016 International Conference on Human-Computer Interaction in Aerospace*.
- Charron, C. (1998). *Ruptures et continuités dans la construction des nombres*. Thèse de doctorat. Université René Descartes, Paris V.
- Charron, C. (2002). Categorization of problems and conceptualization of fractions for adolescents. *European Journal of Psychology of Education*, 17(2), 115-128.
- Charron, C. (2003). Comment appréhender le développement de la pensée ? Des approches mécaniste et conceptuelle à une lecture intégrée et relativiste. In Vergnaud G. (Ed.). *Qu'est-ce que la pensée ? Compétences complexes dans l'éducation et le travail* (pp. 465-463). Paris : ARDECCO (ouvrage publié sur cédérom).
- Charron, C. (2004). RESPECT, un simulateur éducatif pour l'enfant piéton. *MicroSimulateur*, 124, 26-29.
- Charron, C. (2005). Relations entre les enjeux et les comportements de traversée d'une chaussée. Études exploratoires chez l'enfant de 6 à 12 ans. In M.A. Granié (Ed.), *Développement social et sécurité routière. Rapport final de recherche* (pp. 85-101). Arcueil : les collections de l'INRETS.
- Charron, C. (2008). La simulation de loisir. Trente-cinq ans d'expression artistique. *PC-Simulation*, 1, 88-96.
- Charron, C. (2011). Adaptation et développement en situation dynamique. *Séminaire de recherche de l'IRBA (Institut de recherche biomédicale des armées)*, 12 décembre 2011. Base aérienne de Brétigny sur Orge.
- Charron, C. (2014). L'enfant piéton peut-il volontairement prendre des risques surtout s'il est pressé ? Séminaire de clôture du GERI COPIE (Groupe d'Échange et de Recherche, Comportement du Piéton dans son Environnement), 13 novembre 2014. Marne la Vallée : IFSTTAR.
- Charron, C., & Ducloy, N. (1996). How does addition contribute to the construction of natural numbers in 4- to 13- year-old children? *Proceedings of the Psychological Mathematical Education*, Valencia, Spain, 2, 209-216.
- Charron, C., Duquesne, F., Marchand MH., & Meljac C. (2001). L'évaluation des conduites numériques des enfants en grande difficulté. In A. Van Hout, &

C. Meljac (Eds.), *Troubles du calcul et dyscalculies chez l'enfant* (pp. 336-346). Paris : Masson.

Charron, C., Duquesne, F., Marchand M.H., & Meljac C. (2005). Conduites numériques des enfants en grande difficulté et développement de la pensée. In A. Van Hout, C. Meljac, & J.P. Fischer (Eds.), *Troubles du calcul et dyscalculies chez l'enfant* (pp. 358-370). Paris : Masson.

Charron, C., Dumet, N., Guéguen, N., Lieury, A., & Rusinek, S. (2007, réédition en 2014). *La psychologie de A à Z, 500 mots pour comprendre*. Paris : Dunod.

Charron, C., Festoc, A., & Guéguen, N. (2012). Do child pedestrians deliberately take risks when they are in a hurry? An experimental study on a simulator. *Transportation Research Part F : Traffic Psychology and Behaviour*, 15 (6), 635-643.

Charron, C., Festoc, A., Hairon, A., & Petibon, A.C. (2008). Child pedestrians' deliberately risk-taking behavior : Experimental studies on simulator and developmental outcomes. *RTS, Recherche Transports Sécurité*, 101, 239-251.

Charron, C., Fischer, J.P., & Meljac, C. (2008). Arithmetic after school : How do adults' mental arithmetic abilities evolve with age? *Research in the Schools*. 15(1), 9-26.

Charron, C., Granié, MA., Jung S., & Lepoutre, F.X. (2003). RESPECT. *Construction d'un simulateur d'apprentissage à la mobilité piétonne. Rapport final de recherche pour le Ministère de la recherche*. Centre de Recherches en Psychologie, Cognition et Communication, IUFM de Bretagne, Université Rennes 2, LPC- INRETS, LAMIH Valenciennes, CORYS-TESS.

Charron, C., & Hoc, J.M. (2011). Mécanismes d'adaptation en situation dynamique. *Journée du GT1 sur la macrocognition Paris (Telecom Paritech)*, exposé du 14 juin 2011. GDR Psycho-Ergo 3169 CNRS.

Charron, C., Hoc, J.M., & Milleville-Pennel, I. (2010). Cognitive control by brain-injured car drivers. An exploratory study. *Ergonomics*. 53(12), 1434-1445.

Charron, C., & Jeancenelle, S. (2007). Impact du niveau de compétence sur les priorités ressenties face aux risques encourus. Etude expérimentale en ski-alpin chez l'enfant et l'adolescent. *Actes du congrès international Cognition, Emotion, Motivation*, Hammamet - Tunisie (25-28 Octobre 2007). p. 11.

Charron, C., & Jouanne, E. (2010). Modification des comportements de traversée de rue des enfants-piétons de 9-10 ans au fil d'une pratique sur simulateur. *Actes du 2ème colloque francophone de la Plate-Forme Intégratrice COPIE (Comportement du Piéton dans son Environnement). Le piéton : nouvelles connaissances, nouvelles pratiques et besoins de recherche*. (pp. 217-231). Bron : INRETS.

Charron, C., Jouanne, E., Morel, G., & Chauvin, C. (2016). Comment représenter les relations de confiance interpersonnelles au sein des équipes? L'exemple des pompiers en Véhicule de Secours et d'Assistance aux Victimes. *Bulletin de Psychologie* (sous presse).

Chen, C., Burton, M., Greenberger, E., & Dmitrieva, J. (1999). Population Migration and the Variation of Dopamine D4 Receptor (DRD4) Allele Frequencies Around the Globe. *Evolution Human and Behavior*. 20(5). 309-324.

- Cœugnet, S., Charron, C., Van De Weerd, C., Anceaux, F., & Naveteur, J. (2011). La pression temporelle : un phénomène complexe qu'il est urgent d'étudier. *Le travail humain*, 74(2), 157-181.
- Coulet, J.C. (2011). La notion de compétence : un modèle pour décrire, évaluer et développer les compétences. *Le travail humain*, 74(1), 1-30.
- Coulet, J.C. (2014). La conceptualisation dans l'activité individuelle et collective. Implications pour le management des connaissances et des savoirs. *Revue internationale de psychosociologie et de gestion des comportements organisationnels*, 49(19), 135-138.
- Cox, M.T. (2005). Metacognition in computation : A selected research review. *Artificial Intelligence*, 169, 104-141.
- CRISCO (2016). *Dictionnaire Electronique des Synonymes (DES)*. Université de Caen. <http://www.crisco.unicaen.fr/des/> (lien en date du 30/06/2016).
- Damasio, A. (1999). *Le sentiment même de soi : corps, émotion, conscience*. Paris : Odile Jacob.
- Dawson-Tunik, T. L., Commons, M., Wilson, M., & Fischer, K. W. (2005). The shape of development. *European Journal of Developmental Psychology*, 2, 163-195.
- de Finetti, B. (1974). Bayesianism : Its Unifying Role for Both the Foundations and Applications of Statistics. *International Statistical Review*, 42(2), 117-130.
- De Keyser, V. (1995). Time in ergonomics research. *Ergonomics*, 38, 1639-1660.
- Debelleix, X. (2001). When and how should people be authorised to drive after severe head injuries? *Europa Medicophysica*, 37, 201-208.
- Deleau, M. (2006). *Psychologie du développement*. Rosny : Bréal.
- Demetriou, A. (Ed.). (1998). *The neo-Piagetian theories of cognitive development : Toward an integration*. Amsterdam : North- Holland.
- Denrell, J. (2007). Adaptive Learning and Risk Taking. *Psychological Review*, 114(1), 177-187.
- Dörner, D. (1980). On the difficulties people have in dealing with complexity. *Simulation & Games*, 11, 87-106.
- Dreber, A., Apicella, C., Eisenberg, D., Garcia, J., Zamore, R., Lum, K., & Campbell, B. (2009). The 7R polymorphism in the dopamine receptor D4 gene (DRD4) is associated with financial risk taking in men. *Evolution and Human Behavior*, 30(2), 85-92.
- Drozda-Senkowska, E. (Ed.). (1995). *Irrationalités collectives*. Lausanne : Delachaux et Niestlé.
- Ebstein, R., Israel, S., Chew, S., Zhong, S., & Knafo, A. (2010). Genetics of Human Social Behavior. *Neuron*, 65(6), 831-844.
- Ecole Nationale de Ski et d'Alpinisme (édition 2000). *Mémento de l'enseignement du ski français*. Chamonix-Mont-Blanc : ENSA.
- Edwards, E., & Lees, F.P. (Eds.). (1974). *The human operator in process control*. London : Taylor & Francis.
- Efklides, A., Kuhl, J., & Sorrentino, R. (Eds.). (2001). *Trends and Prospects in motivation research*. Dordrecht, Boston, London : Kluwer Academic publishers.
- Elder, G. (1994). Time, Human Agency, and Social Change : Perspectives on the Life Course. *Social Psychology Quarterly*, 57(1), 4-15.

- Elder, G. (1998). The Life Course as Developmental Theory. *Child Development*, 69(1), 1-12.
- Endsley, M.R., & Garland, D.J. (Eds.). (2000). *Situation Awareness Analysis and Measurement*. Mahwah, NJ : Lawrence Erlbaum Associates.
- Engström, J., Gregghersen, N.P., Hernetkoski, Keskinen, E., & Nyberg, A. (2003). *Young novice drivers, driver education and training. Literature review* (VTI report 491A – 2003 - 2nd revised Ed.). Linköping, Sweden : Swedish National Road and Transport Research Institute.
- Elliott, M.A. (2004). The attitudes and behaviour of adolescent road users : an application of the theory of planned behaviour. *TRL report*, 601.
- Evans, D., & Norman, P. (2003). Predicting adolescent pedestrians' road-crossing intentions : an application and extension of the theory of planned behaviour. *Health Education Research*, 18 (3), 267-277.
- Famose, J.P. (1990). *Apprentissage moteur et difficulté de la tâche*. Paris : INSEP Publications.
- Fischer, J.P., & Charron, C. (2009). Une étude de la dyscalculie à l'âge adulte. *Economie et Statistiques*, n°424-425, 87-101.
- Fischer, J.P, Charron, C., & Meljac, C. (2008). Les différences entre sexes en arithmétique : des enfants aux adultes. *Bulletin de psychologie*, 61(3), 495, 227-235.
- Flavell, J.H. (1979). Metacognition and cognitive monitoring : A new area of cognitive-developmental inquiry. *American Psychologist*, 34, 906-911.
- Fontaine, H., & Gourlet, Y. (1997). Fatal pedestrian accidents in France : a typological analysis. *Accident Analysis & Prevention*, 29 (3), 303-312.
- Foot, C., Thomson, J., Tolmie, A., Whelan, K., Morrison, S., & Sarvary, P. (2006). Children's understanding of drivers' intentions. *British journal of Developmental Psychology*, 24, 681-700.
- Forgeard, M., & Seligman, M. (2012). Seeing the glass half full : A review of the causes and consequences of optimism. *Pratiques psychologiques*, 18, 107-120.
- Freud, S. (1920). Jenseits des Lustprinzips (Au-delà du principe de plaisir), *Gesammelte Werke*, 8, (pp. 3-69). (traduit de l'allemand par Laplanche J., et Pontalis J-B. Réédition en 1981 dans le recueil de textes de Freud (pp. 43-115). *Essais de psychanalyse*.
- Freud, S. (1969). *La vie sexuelle*. Paris : Presses Universitaires de France.
- Freyssenet, M., & Magri, S. (Dirs.). (1989). *Les rapports sociaux et leurs enjeux. Volume 1*. Paris : Centre de Sociologie Urbaine.
- Freyssenet, M., & Magri, S. (Dirs.). (1991). *Les rapports sociaux et leurs enjeux. Volume 2*. Paris : Centre de Sociologie Urbaine.
- Freyssenet, M. (2015). Le concept de rapport social comme socle possible et acceptable d'une approche intégrée en sciences sociales. *Actes du colloque International Recherche & Régulation. La théorie de la régulation à l'épreuve des crises*. Paris : 10-12 juin. Éditions numériques, ISSN 7116-0941. <http://freyssenet.com> (lien en date du 17/07/2016).
- Freyssenet, M. (2016). *Vers une théorisation des rapports sociaux*. CNRS. ISSN 1776-0941. <http://freyssenet.com/> (lien en date du 17/07/2016).
- Gabaude, C, Motak, L., & Marquié, J.C. (2010). The older drivers' Adaptive Strategies. Some Factor of Interest. In T. Marek, W. Karwowski, V. Rice

(Eds). *Understanding Human Performance. Neuroergonomics, Human Factors Design, and Special Populations*, (pp. 788-799). CRC Press.

Garrett, S.K., Caldwell, B.S., Harris, E.C., & Gonzalez, M.C. (2009). Six dimension of expertise : a more comprehensive definition of cognitive expertise for team coordination. *Theoretical Issues In Ergonomics Science*, 10, 93-105.

Gesell, A., Ilg, F.L. (1949, édition de 1982). *Le jeune enfant dans la civilisation moderne*. Paris : Presses Universitaires de France.

Gesell, A. (1959, édition de 1965). *L'adolescent de dix à seize ans*. Paris : Presses Universitaires de France.

Goffman, E. (1974). *Les rites d'interaction*. Paris : Editions Minit.

Goldberg, L.R. (1990). An alternative "description of personality" : The big-five factor structure. *Journal of Personality and Social Psychology*, 59, 1216-1229.

Granié, M.A. (2004). *L'éducation routière chez l'enfant : évaluation d'actions éducatives*. Rapport INRETS.

Granié, M.A. (Dir.). (2005). *Développement social et sécurité routière*. Rapport final de recherche INRETS.

Guéguen, N., & Pascual, A. (2000). Evocation of freedom and compliance : the but you are free of... technique. *Current Research in Social Psychology*, 18, 264-270.

Hale, A., & Heijer, T. (2006). Defining resilience. In E. Hollnagell, D. Woods, N. Leveson (Eds.), *Resilience engineering concepts and precepts* (pp. 31-36). Aldershot, UK : Ashgate.

Halford, G. (1988). A structure-mapping approach to cognitive development. In A. Demetriou (Ed.), *The neo-Piagetian theories of cognitive development : Toward an integration* (pp. 103-136). Amsterdam : North- Holland.

Harari, Y.N. (2015). *Sapiens. Une brève histoire de l'humanité*. Paris : Albin Michel.

Heckhausen, J., Wrosch, C., Schultz, R. (2010). A Motivational Theory of Life-Span Development. *Psychological Review*, 117(1), 32-60.

Higgins, T., & Kruglanski, A. (Eds.) (1996). *Social Psychology. Handbook of basic principles*. New-York, London : Guilford.

Hoc, J.M. (1988). *Cognitive psychology of planning (C. Greenbaum, Trans.)*. London : Academic Press. (Original work published 1987).

Hoc, J.M. (1993). Some dimensions of a cognitive typology of process control situations. *Ergonomics*, 36, 1445-1455.

Hoc, J.M., & Amalberti, R. (1995). Diagnosis : some theoretical questions raised by applied research. *Current Psychology of Cognition*, 14, 73-101.

Hoc, J.M., & Amalberti, R. (2007). Cognitive control dynamic for reaching a satisfying performance in complex dynamic situations. *Journal of Cognitive Engineering and Decision Making*, 1(1), 22-55.

Hoc, J.M., Cacciabue, P.C., & Hollnagel, E. (Eds.). (1995). *Expertise and technology : cognition & human-computer cooperation*. Hillsdale, NJ : Lawrence Erlbaum Associates.

Holland, J. (1992). *Adaptation in natural and artificial systems*. Cambridge : MIT Press.

Houdé, O. (1995). *Rationalité, développement et inhibition. Un nouveau cadre d'analyse*. Paris : Presses Universitaires de France.

- Houdé, O., & Charron, C. (1995). Catégorisation et logique intensionnelle chez l'enfant. *L'Année Psychologique*, 95(1), 63-86.
- Inhelder, B., & Cellierier, G. (1992). *Le cheminement des découvertes de l'enfant. Recherche sur les microgenèses cognitives*. Lausanne : Delachaux et Niestlé.
- Izawa, J., Rane, T., Donchin, O., & Shadmehr, R. (2008). Motor adaptation as a process of reoptimization. *Journal of Neuroscience*, 28(11), 2883-2891.
- Jagacinski, R., & Flach, J. (2002). *Control Theory for humans. Quantitative Approches to Modeling Performance*. Mahwah : Lawrence Erlbaum.
- James, W. (1890). *The principles of psychology*. New York : Cosimo Classics.
- Jeancenelle, S. (2003). *L'impact des nouvelles technologies dans l'apprentissage du ski alpin : les skis paraboliques*. Thèse non publiée. Université René Descartes. Paris V.
- Jensen, S., Kohn, C., Rilea, S., & Howells, G. (2007). *Emotional Intelligence A Literature Review*. University of the Pacific : Department of Psychology.
- Jouanne, E., Charron, C., Morel, G., & Chauvin, C. (2014). Determinants of team performance during rescue operations conducted by professional firefighters : an exploratory study. *Ergo 'IA '14 Proceedings of the 2014 Ergonomie et Informatique Avancée Conference - Design, Ergonomie et IHM : quelle articulation pour la co-conception de l'interaction ?* ACM New York USA, 92-95.
- Jouanne, E., Charron, C., Morel, G., & Chauvin, C. (2016). Determinants of team effectiveness : An exploratory study of firefighter emergency interventions. *Applied Ergonomics* (sous presse).
- Joulé, R.V., & Beauvois. J.L. (1998). *La soumission librement consentie*. Paris : Presses Universitaires de France.
- Kahneman, D., Slovic, P., & Tversky, A. (1982). *Judgment under uncertainty : heuristics and biases*. Cambridge, UK : Cambridge University Press.
- Kahneman, D., & Tversky A. (1999). Le peur et le goût du risque. *Pour la science. Hors série Les mathématiques sociales*, 74-80.
- Karmiloff-Smith, A. (1994). Beyond modularity : a developmental perspective on cognitive science. *International Journal of Language & Communication Disorders*, 29, 95-105.
- Kiesler, C.A. (1971). *The psychology of commitment, Experiments liking behavior to belief*. New York : Academic Press.
- Klehe U.C., & Anderson, N. (2007). Working Hard and Working Smart : Motivation and Ability During Typical and Maximum Performance. *Journal of Applied Psychology*. 92(4), 978-992.
- Kouabenan, D.R., Cadet, B., Hermand, D., & Muñoz Sastre, M.T. (Eds.). (2006). *Psychologie du risque*. Bruxelles : De Boeck.
- Kuhnen, C., & Knutson, B. (2005). The Neural Basis of Financial Risk Taking. *Neuron*, 47(5). 763-770.
- Land, M.F., & Horwood, J. (1995). Which parts of the road guide steering? *Nature*, 377, 339-345.
- Land, M.F., & Lee, D.N. (1994). Where we look when we steer. *Nature*, 369, 742-744.
- Laplanche, J., Pontalis, J.B. (1967). *Vocabulaire de la psychanalyse* (11ème édition 1992). Paris : Presses Universitaires de France.
- Lazarus, R.S., & Folkman, S. (1984). *Stress Appraisal and coping*. New-York : Springer Publishing Company.

- Le Bohec, Y. (2012). *Naissance, vie et mort de l'empire romain*. Paris : Picard.
- Le Bohec, Y. (2016). *Spartacus, chef de guerre*. Paris : Tallandier.
- Lecoutre, B. (1984). *L'analyse bayésienne des comparaisons*. Lille : Presses Universitaires de Lille.
- Lecoutre, B. (1996). *Traitement statistique des données expérimentales : des pratiques traditionnelles aux pratiques bayésiennes*. Montreuil : CISIA.
- Lecoutre, B., & Poitevineau, J. (2005). Le logiciel « LePAC ». *La Revue de Modulad*, 33. <http://www.univ-rouen.fr/LMRS/Persopage/Lecoutre/PAC.htm> (lien en date du 26/09 2009).
- Leontiev, A.N. (1972). Activity and Consciousness. *Voprosy filosofii*, 12, 129-140 In *Philosophy in the USSR, Problems of Dialectical Materialism, 1977* (pp. 180-202). Moscow : Progress Publishers.
- Leplat, J. (1997). *Regards sur l'activité en situation de travail*. Paris : Presses Universitaires de France.
- Leplat, J. (2006). La notion de régulation dans l'analyse de l'activité. *Pistes*, 8(1), 1-25.
- Lew, H.L., Poole, J.H., Lee, E.H., Jaffe, D.L., Huang, H.C., & Brodd, E. (2005). Predictive validity of driving-simulator assessments following traumatic brain injury : a preliminary study. *Brain Injury*, 19, 177-188.
- Lundqvist, A., & Rönnberg, J. (2001). Driving problems and adaptive driving behaviour after brain injury : A qualitative assessment. *Neuropsychological rehabilitation*, 11, 171-185.
- Maier, S., & Seligman, M. (1976). Learned helplessness : Theory and evidence. *Journal of Experimental Psychology : General*, 105(1), 3-46.
- Marquié, J-C., & Isingrini, M. (2001). Aspects cognitifs du vieillissement normal. In E. Aubert, J.M. Albaret (Eds). *Vieillesse et psychomotricité* (pp. 77-113). Marseille : Solal.
- Marquié, J. C., Tucker, P., Folkard, S., Gentil, C., & Ansiau, D. (2015). Chronic effects of shift work on cognition : findings from the VISAT longitudinal study. *Occupational and Environmental Medicine*, 72, 258-264.
- Mars, F. (2008). Driving around bends with manipulated eye-steering coordination. *Journal of Vision*, 8(11), Art.10, 1-11, <http://journalofvision.org/8/11/10/> (lien en date du 1/09/2008).
- Mars, F., Deroo, M., & Charron, C. (2014). Driver adaptation to haptic shared control of the steering wheel. *Proceedings of the 2014 IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics*. October 5-8, 2014, San Diego, CA, USA, 1505-1509.
- Meljac, C., & Charron, C. (2002). Une approche constructiviste des remédiations dans le domaine numérique. In J. Bideaud et H. Lehalle (Eds.), *Le développement des activités numériques chez l'enfant* (pp. 293-316). Paris : Hermès.
- Morineau, T., Hoc, J.M., & Denecker, P. (2003). Cognitive control levels in air traffic radar controller activity. *International Journal of Aviation Psychology*, 13, 107-130.
- Morel, C. (2002). *Les décisions absurdes*. Paris : Gallimard.
- Morel, C. (2012). *Les décisions absurdes II. Comment les éviter*. Paris : Gallimard.

- Mounoud, P. (1970). *Structuration de l'instrument chez l'enfant*. Neuchâtel : Delachaux et Niestlé.
- Mounoud, P. (1994). Le passage de représentations partielles à des représentations d'ensemble. *Enfance*, 1, 5-32.
- Munafò, M., Yalcin, B., Willis-Owens, S., & Flint, J. (2007). Association of the Dopamine D4 Receptor (DRD4) Gene and Approach-Related Personality Traits : Meta-Analysis and New Data. *Biological Psychiatry*, 63(2), 197-206.
- Munakata, Y., & McClelland, J. (2003). Connectionist models of development. *Developmental Science*, 6(4), 413-429.
- NHTSA (1983). *Program assessment kit for pedestrian and bicyclist safety education programs. Report of the National Highway Traffic Safety Administration*. Department of Transportation, Washington DC, États-Unis.
- NTSB (1973). *American Airline Flight 96, Douglas DC-10 (Series 10). Aircraft N103AA, Windsor, Ontario. Aircraft Accident Report NTSB AAR 73/2*. Washington, DC : National Transportation Safety Board.
- Ong, A.D., Bergeman, C.S., Bisconti, T.L., & Wallace, K.A. (2006). Psychological resilience, positive emotions, and successful adaptation to stress in later life. *Journal of Personality and Social Psychology*, 91, 730-749.
- ONISR (2011). *Les accidents corporels de la circulation. Recueil de données brutes "document de travail"*. <http://www.securite-routiere.gouv.fr/> (lien en date du 28/07/2015).
- Parasuraman, R., & Nestor, P.G. (1991). Attention and driving skills in aging and Alzheimer's disease. *Human Factors*, 33, 539-557.
- Pascual-Leone, J. (1987). Organismic processes for neopietian theories : a dialectical causal account of cognitive development. *International Journal of Psychology*, 22, issue 5-6, 531-570.
- Pascual-Leone, J. (1988). Organismic processes for neo-piagetian theories : a dialectical causal account of cognitive development. In A. Demetriou (Ed.). *The neo-Piagetian theories of cognitive development : Toward an integration* (pp. 25-64). Amsterdam : North-Holland.
- Pastré, P., Mayen, P., & Vergnaud, G. (2006). La didactique professionnelle. *Revue française de pédagogie*, 154, 145-198.
- Perruchet, P. (1988). *Les automatismes cognitifs*. Bruxelles : Mardaga.
- Pérez-Díaz, C. (2003). Théorie de la décision et risques routiers. *Cahiers internationaux de sociologie*, 114(1), 143-160.
- Piaget, J. (1936). *La naissance de l'intelligence chez l'enfant* (réédition 1998). Lausanne : Delachaux et Niestlé.
- Piaget, J. (1947). *La psychologie de l'intelligence* (4ème édition 1956). Paris : Armand Colin.
- Piaget, J. (1968). *Le structuralisme. Que-sais-je ?* Paris : Presses Universitaires de France.
- Piaget, J. (1974). *Adaptation vitale et psychologie de l'intelligence*. Paris : Hermann.
- Piaget, J. (1975). *L'équilibration des structures cognitives*. Paris : Presses Universitaires de France.
- Piaget, J. (1981). *Le possible et le nécessaire I, l'évolution des possibles chez l'enfant*. Paris : Presses Universitaires de France.
- Piaget, J. (1983). *Le possible et le nécessaire II, l'évolution du nécessaire chez l'enfant*. Paris : Presses Universitaires de France.

- Piaget, J., & Garcia, R. (1987). *Vers une logique des significations*. Genève : Muriionde.
- Piaget, J., Henriques, G., & Ascher, E. (1990). *Morphismes et catégories*. Neuchâtel : Delachaux et Niestlé.
- Pfeffer, K., & Barnecutt, P. (1996). Children's auditory perception of movement of traffic sounds. *Child, Care Health & Development*, 22 (2), 129-137.
- Pleskac, T. (2008). Decision Making and Learning While Taking Sequential Risks. *Journal of Experimental Psychology : Learning, Memory, and Cognition*, 34(1), 167-185.
- Posner, M.I. (1980). Orienting of attention. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 32, 3-25.
- Ponsford, A.S., Viitanen, M., Lundberg, C., & Johansson, K. (2008). Assessment of driving after stroke – A multidisciplinary task. *Accident Analysis and Prevention*, 40, 452-460.
- Prévention routière (2008). *Prévention routière*. <http://www.preventionroutiere.asso.fr> (lien en date du 02/04/2008).
- Pulakos, E., Arad, S., Donovan, M., & Plamondon, K. (2000). Adaptability in the Workplace : Development of a Taxonomy of Adaptive Performance. *Journal of Applied Psychology*, 85(4), 612-624.
- Pulakos, E., Schmitt, N., Dorsey, D., Arad, S., Hedge, J., & Borman, W. (2002). Predicting Adaptive Performance : Further Tests of a Model of Adaptability. *Human Performance*, 15(4), 299-323
- Quetelet, A. (1835). *Sur l'homme et le développement de ses facultés, ou Essai de physique sociale. Tomes 1 et 2*. Paris : Bachelier. Récupéré sur gallica.bnf.fr / Bibliothèque nationale de France (lien en date du 28/06/2016)
- R Development Core Team (2009). *R : A Language and Environment for Statistical Computing*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0, <http://www.r-project.org/> (lien en date du 2/05/2009).
- Rabardel, P. (1995). *Les Hommes et les technologies, approche cognitive des instruments contemporains*. Paris : Armand Colin.
- Rasmussen, J. (1986). *Information processing and human-machine interaction*. Amsterdam : North-Holland.
- Raufaste, E., Daurat, A., Mélan, C., & Ribert-Van De Weerd, C. (2004). Aspects intensifs de la cognition en situation de travail. In J.M. Hoc, F. Darse (Eds). *Psychologie ergonomique : tendances actuelles* (pp. 175-199). Paris : Presses Universitaires de France.
- Rayner, K. (1998). Eye movements in reading and information processing : 20 years of research. *Psychological Bulletin*, 124, 372-422.
- Reason, J. (1990). *Human error*. Cambridge, UK : Cambridge University Press.
- Récopé, M. (1997). Vers un constructivisme éactif. *Psychologie française*, 42(1), 77-88.
- Reynaud, E., Guedj, E., Souville, M., Trousselard, M., Zendjidjian, X., El Khoury-Malhame, M., Fakra, E., Nazarian, B., Blin, O., Canini, F., & Khalfa, S. (2013). Relationship between emotional experience and resilience : An fMRI study in fire-fighters. *Neuropsychologia*, 51(5), 845-849.
- Ric, F. (1996). L'impuissance acquise. *L'Année Psychologique*, 96, 677-702.
- Rivollier, J., Bachelard, C., & Cazes, G. (1991). Crew selection for an antarctic-bases space simulator. In A. A. Harrison, Y.A., Clearwater, & C.P.

Mc Kay (Eds.), *From antarctica to outer space* (pp. 291-296). New York, Springer Verlag.

Rogalski, J. (2004). Psychological work analysis in complex work environments. In M. Fischer, N. Boreham, & B. Nyham (Eds.), *Work process knowledge and work-related learning in Europe* (pp. 218-236). Luxembourg : Office of Official Publications of the European Communities (CEDEFOP reference series ; 56).

Rogalski, J., & Antolin, P. (1997). Training in open dynamic environment management : The case of operational management in public safety. *SMC'97. IEEE International Conference on Systems, Man and Cybernetics. Orlando, Florida. IEEE, 1867-1872.*

Rogalski, J., & Marquié, J.C. (2004). Évolution des compétences et des performances. In J.-M. Hoc, & F. Darses (Éd.), *Psychologie ergonomique : tendances actuelles* (pp. 141-173). Paris : Presses Universitaires de France.

Rogalski, J., & Leplat, J. (2009). Des expériences dans l'Expérience. *Recherches et Pratiques en Didactique Professionnelle. Premier colloque international « L'Expérience »*. RPDP, Eduter et AgroSup Dijon, 2-4 décembre 2009, Dijon.

Rouanet, H. (1996). Bayesian methods for assessing importance of effects. *Psychological Bulletin*, 119, 149-158.

Rouanet, H., & Lecoutre, B. (1983). Specific inference in ANOVA : From significance tests to Bayesian procedures. *British Journal of Mathematical and Statistical Psychology*, 36, 252-268.

Roussos, P., Giakoumakil, S., & Bitsios, P. (2009). Cognitive and emotional processing in high novelty seeking associated with the L-DRD4 genotype. *Neuropsychologia*, 47(7), 1654-1659.

Rosenbloom, T. (2006). Sensation seeking and pedestrian crossing compliance. *Social behavior and personality*, 34 (2), 113-122.

Russell, J.A. (2003). Core affect and the psychological construction of emotion. *Psychological Review*, 110(1), 145-172.

Rutter, M. (2006). Implications of resilience concepts for scientific understanding. *Annals New York Academy of Sciences*, 1094, 1-12.

Salas, E., Sims, D.E., & Burke, C.S. (2005). Is there a "big Five" in Teamwork? *Small Groups Research*, 36, 555-599.

Saquib, N., & Chan, E. (2015). Time pressure reverses risk preferences. *Organizational Behavior and Human Decision Processes*, 130, 58-68.

Sauerburger, D. (2005). Street crossings : analyzing risks, developing strategies and making decisions. *Journal of visual impairment & blindness*, 99 (10), 659-663.

Sauerburger, D. (2006). Instructional Strategies for Teaching Judgment in Detecting Gaps for Crossing Streets With no traffic Controls. *Re :View, Rehabilitation education for blindness and visual Impairment*, 37 (4), 177-188.

Sauvagnat, F. (2016). Psychanalyse et théorie de la désistance : entrées et sorties de la délinquance. In R. Hamon et Y. Trichet (Eds.), *Psychanalyse et criminologie aujourd'hui* (pp. 293-301). Rennes : Presses Universitaires de Rennes.

Sarter, N.B., & Amalberti, R. (Eds.). (2000). *Cognitive engineering in the aviation domain*. Mahwah, NJ : Lawrence Erlbaum Associates.

- Scherer, K. (2005). What are emotions? And how can they be measured? *Social Science Information*, 44(4), 695-729.
- Schultz, R., & Heckhausen, J. (1996). A Life Span Model of Successful Aging. *American Psychologist*, 51 (7), 702-714.
- Schwarz, G. (1978). Estimating the Dimension of a Model. *Annals of Statistics*, 6, 461-464.
- Seligman, M. (1975). *Helplessness : on depression, development, and death*. San Francisco : W.H. Freeman.
- Seligman, M. (1990). *Learned Optimism*. New York : Knopf.
- Shiv, B., & Fedorikhin, A. (2002). Spontaneous versus influences of stimulus-affect on choice behavior. *Organizational Behavior and Human Decision Processes*, 87, 342-370.
- Shrager, J., & Siegler, R.S. (1998). SCADS : A model of children's strategy choices and strategy discoveries. *Psychological Science*, 9, 405-410.
- Siegler, R.S. (1989). Mechanisms of cognitive development. *Annual Review of Psychology*, 40, 353-379.
- Siegler, R.S. (1996). *Emerging minds : The process of change in children's thinking*. New York, NY : Oxford University Press.
- Siegler, R.S. (2004). U-shaped interest in U-shaped development and what it means. *Journal of Cognition and Development*, 5, 1-10.
- Stinchcombe, A., Yamin, S., Cyr, A.-A., Gagnon, S., Marshall, S., Hing, M., & Finestone, H. (2008). Examination of traumatic brain injured drivers' behavioural reactions to simulated complex roadway events. *Advances in Transportation Studies*, Special Issue, 5-17.
- Simon, H.A. (1969). *The science of the artificial*. Cambridge, MA : MIT Press.
- Skeel, R., Neudecker, J., Pilarski, C., & Pytlak, K. (2007). The utility of personality variables and behaviorally-based measures in the prediction of risk-taking behavior. *Personality and Individual Differences*, 43(1), 203-214.
- Smith, L., & Samuelson, L. (2003). Different is good : connectionism and dynamic systems theory are complementary emergentist approaches to development. *Developmental Science*, 6(4), 434-439.
- Spencer, J., & Perone, S. (2008). Defending Qualitative Change : The View From Dynamical Systems Theory. *Child Development*, 79(6), 1639-1647.
- Sperandio, J.C. (1977). La régulation des modes opératoires en fonction de la charge de travail chez les contrôleurs de trafic aérien. *Le travail humain*, 40, 249-256.
- Spreen, O., & Strauss, E. (1998). *A compendium of neuropsychological tests : Administration, norms and commentary* (2nd ed.). New York : Oxford University Press.
- Thelen, E., & Bates, E. (2003). Connectionism and dynamic systems : are they really different? *Developmental Science*, 6(4), 378-391.
- Thelen, E., & Smith, L.B. (2007). Dynamic Systems Theories. In *Handbook of Child Psychology, I :6* (pp. 258-312).
- Thill, E. (1999). *Compétence et effort*. Paris : Presses Universitaires de France.
- Thomson, J.A. (1991). *The facts about child pedestrian accidents*. Cassell Educational Ltd, Londres, Grande-Bretagne.

Thomson, J.A., Tolmie, A. K., Foot, H. C., & McLaren, B. (1996). *Child Development and the Aims of Road Safety Education : A Review and Analysis*. H.M.S.O, Londres, Grande-Bretagne.

Tolmie, A.K., Thomson, J.A., Foot, H.C., Whelan, K., Sarvary, P., & Morrison, S. (2001). Development and evaluation of a computer-based pedestrian training resource for children aged 5 to 11 years. *Project Record S214G, Child perception phase II*, Road safety division dettr, Londres, Grande-Bretagne.

Tolmie, A.K., Thomson, J.A., Foot, H. C., Whelan, K., Sarvary, P., & Morrison, S. (2002). Computer-based pedestrian training resource. *Road Safety Division dettr Report, 27*, Londres, Grande-Bretagne :

Tolmie, A., Thomson, J., Foot, H., Whelan, K., Sarvary, P., & Morrison, S. (2003). *Training children in safe use of designated crossings*. London : Department of Transport.

Tombaugh, T.N. (2004). Trail Making Test A and B : Normative data stratified by age and education. *Archives of Clinical Neuropsychology*, 19, 203-214.

Troadec, B., & Martinot, C. (2003). *Le développement cognitif. Théories actuelles de la pensée en contextes*. Paris : Belin.

Underwood, G., Chapman, P. Brocklehurst, Underwood, J., & Crundall, D. (2003). Visual attention while driving : sequences of eye fixations made by experienced and novice drivers. *Ergonomics*, 46, 629-646.

Underwood, J., Dillon, G., Farnsworth, B., & Twiner, A. (2007). Reading the road : The influence of age and sex on child pedestrians' perceptions of road risk. *British journal of Psychology*, 98, 93-110.

Vallerand, R.J., & Thill, E. (1993). *Introduction à la psychologie de la motivation*. Québec : Vigot.

Van Der Berg, P.T., & Feij, J.A. (2003). Complex relationships among personality traits, job characteristics, and work behaviors. *International Journal of Selection and Assessment*, 11, 326-339.

Van der Molen, H.H. (1981). Child pedestrian's exposure, accidents and behavior. *Accident Analysis & Prevention*, 13 (3), 193-224.

Van der Molen, H.H. (1983). *Pedestrian ethology*. University of Groningen, Pays-Bas.

Van der Molen, H.H., Rothengatter, J.A., Vinjé, M.P. (1981). Blueprint of an analysis of the pedestrian's task - I Method of analysis. *Accident Analysis & Prevention*, 13 (3), 175-191.

Van der Plig, J. (1995). Risk. In A.S.R. Manstead, & M. Hewstone (Eds), *The Blackwell Encyclopedie of Social Psychology*. Oxford : Blackwell Publishers.

Van Geert, P. (1994). *Dynamic systems of development. Change between complexity and chaos*. New York : Harvester Wheatsheaf.

Van Geert, P. (2003). Dynamic systems approaches and modeling of developmental processes. In J. Valsiner, & K. J. Conolly (Eds.), *Handbook of developmental Psychology* (pp. 640-672). London : Sage.

Varela, F., Thompson, E., & Rosch, E. (1993). *L'inscription corporelle de l'esprit*. Paris : Editions du Seuil.

Vergnaud, G. (1983). Multiplicative Structures. In R. Lesh & M. Landau (Eds.), *Acquisition of math concepts and processes* (pp. 127-174). London : Academic Press.

Vergnaud, G. (1990). La théorie des champs conceptuels. *RDM Recherche en didactique des mathématiques*. 10(2/3), 133-170.

- Vergnaud, G. (2009). The Theory of Conceptual Fields. *Human Development*, 52, 83-94.
- Vergnaud, G. (2011). La pensée est un geste. *Enfance*, 1, 37-48.
- Vergnaud, G., & Durand, C. (1976). Structures additives et complexité psychogénétique. *Revue française de pédagogie*, 36, 28-43.
- Vygotski, L. (1934, édition de 1998). *Pensée et langage*. Paris : la dispute.
- Wallon, H. (1941, édition de 1962). *L'évolution psychologique de l'enfant*. Paris : Armand Colin.
- Wallon, H. (1942, édition de 1970). *De l'acte à la pensée*. Paris : Flammarion.
- Wanga, X., Krugerb, D., & Wilke, A. (2009). Life history variables and risk-taking propensity. *Evolution and Human Behavior*, 30(2), 77-84.
- Wechsler, D. (2000). *Wechsler Adult Intelligence Scale* (WAIS - 3ème édition). Paris : Editions du Centre de Psychologie Appliquée.
- Weick, K.E. (1993). The collapse of sensemaking : The Mann Gulch Disaster. *Administrative Science Quarterly*, 38, 628-652.
- Wickens, C. (2008). Situation Awareness : Review of Mica Endsley's 1995 Articles on Situation Awareness Theory and Measurement. *Human factors*, 50(3), 397-403.
- Wilde, G. (1982). Critical issues in risk homeostasis theory. *Risk Analysis*, 4(2), 249-258.
- Wilson, B.A., Evans, J.J., Emslie, H., Alderman, N., & Burgess, P. (1998). The development of an ecologically valid test for assessing patients with a dysexecutive syndrome. *Neuropsychological Rehabilitation*, 8, 213-228.
- Xue, G., Lu, Z. Levin, I., & Bechara, A. (2010). The impact of prior risk experiences on subsequent risky decision-making : The role of the insula. *NeuroImage*, 50(2), 709-716.
- Yan, Z., & Fischer, K. (2002). Always under construction. Dynamic Variations in Adult Cognitive Microdevelopment. *Human Development*, 45, 141-160.
- Yates, F., & Stone, E. (1992). The risk construct. In F. Yates (Ed.), *Risk-taking behavior* (pp. 1-25). New-York : Wiley.
- Zeedick, M.S., & Kelly, L. (2003). Behavioural observations of adult-child pairs at pedestrian crossings. *Accident analysis & prevention*, 35(5), 771-776.
- Zimmermann, P., & Fimm, B. (2007). *Test for Attentional Performance (TAP) - Version 2.01*. Vera Fimm, psychologische Testsysteme.

Annexes

Annexe A

Tableau 12.2 Coefficients et BIC des modèles linéaires généralisés retenus (partie 1)

	BIC des modèles		Essais		Enjeux		Essai × Enjeux		Hiérarchie initiale					
	retenu	nul	saturé		neutre	sécurité	temps	neutre	sécurité	temps	C-S-T	S-C-T	S-T-C	T-S-C
Temps	5840,7	5855,3	5903,1	0	0	8,01	-4,04	0	0	0	0	0	0	0
Accident	147,92	147,92	316,4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Nbre de traversées	1288,9	1288,9	1485,6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Performances													
Initiale	810,6	833,1	883,5	0	0	0,81	0,09	0	0	0	0	0	0	0
Avant de traverser	856,0	856,0	994,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pendant la traversée	349,8	349,8	501,7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
De qualité insuffisante	806,8	816,4	946,6	0,15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Prises d'information													
	Comportements de traversée													
Hors passage piéton	827,3	867,2	918,6	-0,15	0	-0,72	0,01	0	0	0	0	0,45	-3,30	-1,10
Sans détour	828,5	869,8	913,9	-0,16	0	-0,64	0,18	0	0	0	0	0,36	-3,00	-1,57
Courir	727,4	778,4	821	0	0	0	0	0,14	0,04	0,45	0	0	0	0

Note. Nbre = nombre ; Sécu = sécurité ; C = respecter le code de la route ; S = privilégier la sécurité ; T = gagner du temps. Les modèles nuls et saturés prédisent respectivement une absence totale d'effet des Vi et une influence de toutes les Vi. Les coefficients des interactions "Essai × Hiérarchie de priorités", "Hiérarchie de priorités × Enjeux" et "Essai × Hiérarchie de priorités × Enjeux" étant toujours nuls dans le modèle retenu, ils n'ont pas été reportés. Ils ont néanmoins été pris en compte dans le calcul du BIC du modèle saturé.

Tableau 12.3 Coefficients et BIC des modèles linéaires généralisés retenus (partie 2)

	Expérience piétonne				Expérience de jeux vidéo				b ₀	
	faible		forte		aucune		forte			
	accompagné	seul	accompagné	seul	seul	faible	forte	Dist.		
	Performances									
Temps	0	0	8,01	-4,04	0	0	0	1,65	0	34,92
Accident	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-3,70
Nbre de traversées	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,02
	Prises d'information									
Initiale	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,16
Avant de traverser	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,32
Pendant la traversée	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-2,46
De qualité insuffisante	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-1,29
	Comportements de traversées									
Hors passage piéton	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,98
Sans détour	0	1,22	0,01	0,82	1,88	-0,27	-0,95	0	0	1,15
Courir	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Note. Nbre = nombre. Dist. = distance domicile école en kilomètres. CP = contrôle perçu (en cm sur une échelle de 0 à 10 cm).
b₀ = coefficient de degré 0 (*i.e.* ordonnée à l'origine).

Annexe B

Tableau 12.4 Relevés de la position des skis selon le niveau

Visée	Comportement	Deux étoiles	Trois étoiles
Recherche de lenteur	Chasse-neige	24	0
-	Chasse-neige puis skis parallèles	26	6
	Stem amont puis skis parallèles	11	2
	Stem aval puis skis parallèles	0	3
Recherche de vitesse	Pas de patineur	0	9
	Skis parallèles	107	148

Note. $N = 336$, $V^2 = 0,19$, $\chi^2(5) = 61,32$, $p < 0,01$

Tableau 12.5 Relevés de la position des jambes selon le niveau

Visée	Comportement	Deux étoiles	Trois étoiles
-	Jambes raides	136	58
	Une jambe raide l'autre fléchie	3	8
Recherche de vitesse	Jambes fléchies	29	102

Note. $N = 336$, $V^2 = 0,22$, $\chi^2(2) = 74,31$, $p < 0,01$

Tableau 12.6 Relevés de la position du buste selon le niveau

Visée	Comportement	Deux étoiles	Trois étoiles
-	Buste droit	121	69
	Pivotement des épaules	2	1
Recherche de vitesse	Buste droit puis buste avancé	0	4
	Buste avancé	45	94

Note. $N = 336$, $V^2 = 0,11$, $\chi^2(3) = 35,83$, $p < 0,01$

Tableau 12.7 Relevés de la position des bras selon le niveau

Visée	Comportement	Deux étoiles	Trois étoiles
-	Bras tendus le long du corps	81	25
Recherche d'équilibre	Bras fléchis écartés du corps	26	29
	Bras tendus écartés du corps	5	5
-	Un bras en haut l'autre en bas	8	4
	Bras tendus le long du corps puis fléchis le long du corps	13	27
	Bras fléchis écartés du corps puis tendus le long du corps	11	15
	Bras fléchis le long du corps	24	63

Note. $N = 336$, $V^2 = 0,16$, $\chi^2(6) = 54,08$, $p < 0,01$

Annexe C

Tableau 12.8 Recherche de vitesse ou de lenteur pour la position des skis selon le niveau

	Deux étoiles	Trois étoiles
Recherche de lenteur	24	6
Autre comportement	37	11
Recherche de vitesse	107	157

Note. $N = 336$, $V^2 = 0,14$, $\chi^2(2) = 47,55$, $p < 0,01$

Tableau 12.9 Recherche de vitesse pour la position des jambes selon le niveau

	Deux étoiles	Trois étoiles
Autre comportement	139	66
Recherche de vitesse	29	102

Note. $N = 336$, $V^2 = 0,19$, test exact de Fisher $p < 0,01$

Tableau 12.10 Recherche de vitesse pour la position du buste selon le niveau

	Deux étoiles	Trois étoiles
Autre comportement	123	70
Recherche de vitesse	45	98

Note. $N = 336$, $V^2 = 0,10$, test exact de Fisher $p < 0,01$

Tableau 12.11 Recherche d'équilibre pour la position des bras selon le niveau

	Deux étoiles	Trois étoiles
Autre comportement	137	134
Recherche d'équilibre	31	34

Note. $N = 336$, $V^2 \simeq 0$, test exact de Fisher $p = 0,78$ ns