

Cite as: Auvray, M. (2006). Théories de la perception : Le monde comme mémoire externe. In P. Fuchs (Ed.), *Le Traité de la Réalité Virtuelle III*, Vol.1, L Homme et l Environnement Virtuel (pp. 209-228). Paris : Les Presses de l Ecole des Mines.

7 THÉORIES DE LA PERCEPTION : LE MONDE COMME MÉMOIRE EXTERNE

Malika Auvray

7.1 INTRODUCTION

Les définitions que nous donnons de l'immersion dépendent du sens que nous donnons à la perception. La perception, qu'elle ait lieu dans un environnement naturel ou simulé est envisagée de deux façons, dont nous allons résumer les enjeux. Selon une conception classique, elle est un processus dans lequel le système sensoriel reçoit passivement des stimulations, puis traite ces informations afin d'identifier objets et événements sous la forme d'une représentation interne. Selon une conception active, la perception est construite sur la base de l'extraction par les sujets de régularités entre les actions effectuées et les stimulations sensorielles résultantes.

7.2 BRÈVE PRÉSENTATION DES THÉORIES CLASSIQUES DE LA PERCEPTION

Nombre de théories relevant du cognitivisme, du computationalisme et du fonctionnalisme classiques des sciences cognitives sont héritières d'Aristote et du dualisme cartésien. Aristote conçoit les sens comme des récipients passifs de données externes. Pour lui, les impressions extérieures se gravent dans l'esprit, à peu près comme on reproduit un sceau en posant un cachet sur la cire [Aristote, *De l'âme*, II, 12]. Bien qu'il souligne que les sens font intervenir l'action pour s'appliquer aux objets sensibles, Descartes [1637, 1641] considère lui aussi que la réception des données sensorielles se fait de manière passive. Mais, à l'encontre de nombreuses théories pour lesquelles les connaissances proviennent directement des sensations, il avance l'idée que les connaissances proviennent du raisonnement : «La vraie connaissance des choses ne peut être obtenue qu'à travers le processus de la raison» [Descartes, 1637]. Il opère une distinction entre données des sens et connaissance, entre le corps et l'esprit. Dans ce contexte dualiste, la perception ne peut être qu'une représentation interne de choses externes. En recoupant l'hypothèse aristotélicienne et le dualisme cartésien, on peut admettre que les facultés de locomotion et de nutrition sont le propre du corps, tandis que les facultés sensitives et intellectuelles sont des attributs de l'esprit.

Au dix-neuvième siècle, s'affermir une nouvelle conviction : les sensations sont d'ordre strictement corporel. Face à cette réduction corporelle des fonctions de l'esprit, en charge dès lors uniquement des facultés intellectuelles, deux positions se font jour. D'un côté, certains défendent une position conservant une passivité de la réception des données sensorielles et, sous de multiples formes, un dualisme entre corps et esprit ; de l'autre, d'autres prônent une théorie refusant la scission entre corps et esprit et affirment la continuité des liens entre perception et action.

Le cognitivisme classique demeure globalement dans la lignée d'une conception passive de la réception des données sensorielles. La cognition est identifiée à un système de traitement linéaire de l'information où les «données des sens» sont considérées comme

une entrée ; à cette entrée succèdent la perception et le raisonnement, qui débouchent enfin sur l'action, envisagée comme une sortie. Née avec la théorie fonctionnaliste du raisonnement comme manipulation de représentations symboliques, cette conception s'appuie sur une cognition envisagée comme un calcul sur des représentations mentales. Le fonctionnalisme prend pour origine une distinction entre une information symbolique et structurée, et le support matériel auquel elle est liée. L'information est ainsi relativement indépendante du lieu matériel particulier où elle est traitée.

Pour ces approches, le comportement s'explique à partir d'un système de causalité interne comprenant des représentations et des règles. Le traitement de l'information résiderait dans un «langage interne», comme le langage de la pensée [Fodor, 1975]. Les attitudes propositionnelles (telles que croire, vouloir, désirer) sont associées à des «états mentaux» et se déterminent selon des représentations, indépendamment de la valeur de vérité de ce qui est représenté : nous pouvons agir en fonction d'une croyance en une chose qui est fautive ou n'existe pas. Ces «états mentaux» obéissent à une causalité propre, non directement liée aux actions, et ce bien qu'ils acquièrent un contenu en raison de leur correspondance avec un réel supposé objectif et indépendant.

Cette théorie pose le problème de l'intentionnalité, c'est-à-dire de cette propriété qu'ont les états mentaux d'être à propos de quelque chose d'autre qu'eux-mêmes. Pour surmonter cette difficulté, on cherche à comprendre comment le sens de choses externes peut être associé à des états mentaux internes, d'abord définis seulement de façon fonctionnelle par leurs relations formelles avec d'autres états mentaux. On cherche donc à doter les états mentaux d'un «contenu large», c'est-à-dire d'une signification relative aux états de choses externes, soit en admettant qu'il existe des liens nomologiques (réguliers si ce n'est causaux) entre états de choses externes et occurrences de ces états mentaux, soit en considérant qu'un travail de sélection préalable a déjà assuré la bonne co-occurrence entre états de choses externes et états mentaux adaptés [Pacherie, 1993].

7.3 LES PRÉCURSEURS DES THÉORIES ACTIVES DE LA PERCEPTION

De nombreuses théories se sont opposées à cette conception linéaire et séquentielle du processus perceptif. Elles proposent que la perception ne nécessite aucunement une représentation, une réplique plus ou moins exacte du réel : elles l'envisagent comme un processus, une activité. En 1874, Brentano suggérait de parler de présentation plutôt que de représentation : «par *présentation*, je ne veux pas dire cela même qui est présenté, mais bien plutôt l'activité même de présentation», [Brentano, 1874]. C'est sur la base de ce refus de considérer la perception comme fondée sur des représentations que vont émerger les théories actives de la perception, inaugurées notamment par Bergson (1896) et Husserl (1907). Comme le relate Deleuze, «la crise historique de la psychologie coïncide avec le moment où il ne fut plus possible de tenir une certaine position : cette position consistait à mettre les images dans la conscience, et les mouvements dans l'espace. Dans la conscience, il n'y aurait que des images, qualitatives, inétendues. Dans l'espace, il n'y aurait que des mouvements, étendus, quantitatifs. Mais comment passer d'un ordre à l'autre ? [...] Il fallait à tout prix surmonter cette dualité de l'image et du mouvement, de la conscience et de la chose. Et, à la même époque, deux auteurs très différents allaient entreprendre cette tâche, Bergson et Husserl. Chacun lançait son cri de guerre : toute conscience est conscience de quelque chose (Husserl), ou plus encore toute conscience est quelque chose (Bergson)», [Deleuze, 1983].

La théorie sensorimotrice de la perception développée par Bergson dans son ouvrage *Matière et mémoire* replace le cycle action/perception au centre même de l'activité perceptive. Il affirme que «le système nerveux n'a rien d'un appareil qui servirait à fabriquer ou même à préparer des représentations», [Bergson, 1896]. Pour Bergson, le cerveau n'a en aucun cas le pouvoir de transformer la chose perçue en ce qui serait d'une autre nature, une représentation interne. Lorsqu'il énonce que toute perception *est* quelque chose, il sous-entend que la perception est de même nature que la matière. Visant les théories représentationalistes, pour lesquelles la perception s'effectue au moyen d'une représentation interne, il écrit : «Que vous demandons-nous alors ? Simplement de renoncer à votre coup de baguette magique, et de continuer dans la voie où vous étiez entré d'abord. Vous nous aviez montré les images extérieures atteignant les organes des sens, modifiant les nerfs, propageant leur influence dans le cerveau. Allez jusqu'au bout. Le mouvement va traverser la substance cérébrale, non sans y avoir séjourné, et s'épanouira alors en action volontaire. Voilà le tout du mécanisme de la perception», [Bergson, 1896]. En ce sens, le cerveau n'inclut que du mouvement et nulle représentation de choses. Il ne fait que recevoir et transmettre du mouvement, en quelques circonstances que ce soit. Ce cycle action-réaction n'est pas automatique. Au contraire, c'est l'existence ou non d'une solution de continuité qui distingue le mouvement automatique de l'acte perceptif. L'action est la réponse motrice à un stimulus sensoriel. L'action peut être immédiate ou différée. Si elle est immédiate, les mouvements afférents se traduisent en réactions automatiques. Si elle est différée, les mouvements afférents ne se prolongent pas en action et se déploient dès lors, dans l'intervalle, comme perception. L'image rétinienne, pas plus que l'empreinte que laisse sur les doigts le crayon trop fermement tenu, n'est la matière de la perception. Bergson propose dès lors de considérer le corps comme un organe d'action et seulement d'action, et de considérer la perception comme une fonction corporelle d'ordre pragmatique.

Cette conception sensori-motrice de la perception reprise et développée en éthologie [Von Uexküll, 1934], en psychologie [Gibson, 1966, 1979 ; Piaget, 1936, 1937] et en philosophie [Merleau-Ponty, 1945] s'est étendue à de nombreux champs de recherches théoriques, scientifiques et technologiques tels que la cognition située, la robotique autonome, et l'ergonomie.

7.4 LA PERCEPTION COMME EXTRACTION D'INVARIANTS SENSORI-MOTEURS

Les théories sensorimotrices de la perception soulignent l'importance d'envisager séparément sensations et perceptions. Gibson (1966, 1979) juge cette distinction entre stimulation sensorielle et information perceptive nécessaire. Grâce à cette distinction, il détermine deux manières de concevoir les sens. Soit les sens sont des canaux de sensations, essentiellement passifs, qui sont l'origine des qualités de l'expérience. Soit ils sont des systèmes perceptifs, essentiellement actifs, qui extraient ces informations et sont sources de connaissances sur le monde. Gibson retient la seconde définition. Pour lui, la perception visuelle n'est pas basée sur la sensation visuelle, mais sur l'information contenue dans les propriétés structurelles invariantes des stimuli. Percevoir, c'est extraire, grâce aux mouvements, cette information en en détectant les invariants. L'hypothèse que les objets de notre perception ne sont pas à proprement parler les invariants de la sensation, mais plutôt les invariants de cercles sensori-moteurs inséparables de l'activité du sujet, est reprise dans de nombreuses théories [Brooks, 1999 ; Gibson, 1979 ; Lenay e.a., 2003 ; Noë, 2005 ; O'Regan e.a., 2001 ; Paillard, 1971 ; Piaget, 1937 ;

Stoffregen e.a., 2001 ; Varela e.a., 1991].

Pour mieux expliquer sa théorie, Gibson (1966) considère une distinction commune entre deux formes de stimulation, une stimulation imposée et une stimulation obtenue. Une stimulation imposée provient d'un certain état de choses qui ne dépend pas des actions propres de l'individu. Une pure stimulation imposée aurait lieu lorsqu'un individu entièrement passif et relaxé reçoit une soudaine stimulation de lumière, de son, de couleur, d'air frais ou un coup par un objet. En revanche, une stimulation obtenue est produite par nos propres actions ou dans le cours de l'action. Par exemple lorsqu'un individu bouge un membre, bouge un objet, regarde la lumière, écoute un son ou respire une odeur, etc. Ainsi, une stimulation imposée aurait lieu avec un observateur passif et une stimulation obtenue avec un observateur actif. Mais, comme Gibson le remarque, nous ne sommes pas seulement stimulés par les sources de l'environnement : nous le sommes aussi par nous-mêmes. Nous sommes stimulés par nos organes internes, par les extrémités de nos membres, par nos organes sensoriels et par les mouvements locomoteurs du corps tout entier dans l'espace. Des stimuli sont causés par soi : le lien causal va autant de la réponse au stimulus que du stimulus à la réponse. Pour Gibson, une conception classique stimulus-réponse n'est plus adéquate : il faut considérer une boucle de la réponse à la stimulation, puis à la réponse de nouveau. Le résultat en est un flux continu d'activité plutôt qu'une chaîne de réflexes. La stimulation produite par l'action est en cela toujours obtenue et non imposée. La stimulation est intrinsèque au flux d'activité, les stimuli ne sont plus simplement afférents, mais ils sont ré-afférents, c'est-à-dire qu'ils sont contingents des inputs efférents. Les termes de *feedback* ou de boucles sensorimotrices sont aussi employés.

Gibson rejette donc la distinction entre stimulation imposée et stimulation obtenue. Il préfère considérer deux manières d'accéder à la stimulation : par une activité exploratrice et par une activité exécutive. Certains mouvements accomplissent un comportement : cette activité est appelée exécutive. D'autres mouvements accomplissent une extraction de l'information, l'information est obtenue par une perception du monde : cette activité est appelée exploratrice. Soulignons que, même dans ce cas, un observateur éveillé n'attend pas passivement qu'une stimulation «tombe» sur ses récepteurs : il explore, quoi qu'il arrive, les stimuli. Il explore les champs de lumière disponibles, les sons, les odeurs, etc. Il sélectionne ce qui est pertinent pour extraire l'information. Il se tourne vers un son pour le faire balancer entre les deux oreilles. Il tourne autour d'une source de lumière. Même les yeux bougent dans leurs orbites et ne sont pas ainsi des récepteurs passifs, à l'image d'un appareil photo. Les inputs arrivant au système nerveux ont une composante produite par l'activité du corps.

Cette conception a des implications fondamentales sur les définitions données jusqu'alors de la proprioception, considérée comme le moyen d'obtenir des informations sur nos propres mouvements. Ce que nous pouvons appeler «fonction proprioceptive» renvoie à une proprioception comprise en un sens large comme l'accès et la maîtrise de nos propres actions. La fonction proprioceptive désigne de façon très générale les capacités d'accès aux actions effectuées. Elle peut être liée à des sensations d'origine externe, «extéroceptives», c'est-à-dire à des changements du milieu extérieur. Les capacités d'accès aux actions effectuées peuvent aussi se faire manière «intéroceptive» : les capteurs intéroceptifs nous renseignent sur notre état interne. Jusqu'alors, les positions défendues par des auteurs tels que Sherrington [Sherrington, 1906] proposaient une distinction stricte entre extérocepteurs, propriocepteurs et intérocepteurs. Les extérocepteurs (les yeux, les oreilles, le nez, la bouche et la peau) nous donnent accès aux changements dans le milieu externe et seraient la base de la perception. Les pro-

priocepteurs (extrémités des organes, des muscles, articulations, oreille interne) nous donnent accès aux sensations relatives à la position et aux mouvements du corps : ils donnent accès à la sensation du mouvement. Les intérocepteurs (nerfs aboutissant dans les viscères) donnent des sensations vagues sur les organes internes et seraient peut-être la base de la sensation et de l'émotion : cette idée est débattue. Contre la position défendue par Sherrington, Gibson (1966) suggère que la sensibilité à l'action et la sensibilité au mouvement ne dépendent pas de récepteurs spécialisés. Les yeux, les oreilles ou la peau peuvent enregistrer le comportement d'un individu aussi bien que les événements extérieurs. Les yeux, par exemple, enregistrent les mouvements de la tête (avant, arrière et rotation) au moyen des mouvements de la lumière ambiante (extéroception). De la même manière, les mouvements des articulations ou de l'oreille interne peuvent enregistrer des mouvements imposés au corps aussi bien que des mouvements initiés par l'individu. Ainsi, la proprioception - considérée comme le moyen d'obtenir des informations sur nos propres mouvements - ne dépend pas nécessairement des propriocepteurs. Et l'extéroception - considérée comme le moyen d'obtenir des informations sur les événements extérieurs - ne dépend pas nécessairement des extérocepteurs.

La proposition de Gibson (1966) est de redéfinir les différentes modalités proprioceptives (extérocepteurs, propriocepteurs et intérocepteurs) en termes de ré-afférences. Il catégorise les différentes boucles disponibles pour le contrôle proprioceptif de l'action en les classant du plus bas niveau au plus haut niveau et de la plus automatique à la moins automatique. Il distingue ainsi la *proprioception musculaire* : les récepteurs sont dans les muscles et sont probablement excités par la tension des muscles ou plus précisément par l'effort qu'exerce le muscle sur son articulation. La *proprioception articulaire* : les récepteurs sont les articulations du squelette et peut-être les tendons. Ils enregistrent les angles faits par les os joints et probablement les changements d'angle. C'est la kinesthésie définie comme une sensibilité au mouvement du squelette. La *proprioception vestibulaire* : les récepteurs sont dans les vestibules de l'oreille interne et sont excités par des accélérations linéaires ou angulaires et non par un mouvement constant. Cet organe enregistre ainsi le début et l'arrêt d'un mouvement de la tête, qu'il soit obtenu par un effort musculaire ou par une force externe. La *proprioception cutanée* : les récepteurs sont dans la peau, mais sans doute aussi dans tous les tissus du corps. Ils sont excités mécaniquement par toute déformation, que le contact soit volontaire ou extérieur. La *proprioception auditive* : les récepteurs sont dans la cochlée de l'oreille interne. Ils enregistrent les sons produits par des actions telles que marcher, manger, parler, mais aussi des sons externes. La *proprioception visuelle* : les récepteurs visuels sont excités par la lumière ou par des mouvements de lumière, car il y a plusieurs récepteurs. Ces récepteurs nous permettent de capter des changements dans le milieu externe, comme un changement de couleur, mais ils nous permettent aussi d'avoir la connaissance de nos actions. Par exemple un flux optique peut nous indiquer le déplacement de notre tête. Ainsi, pour Gibson, la connaissance de nos actions peut aussi s'effectuer grâce à des sensations d'origine externe, «extéroceptives», c'est-à-dire via les changements du milieu extérieur.

Gibson n'envisage pas les différents sens comme des producteurs de sensations, visuelles, auditives ou tactiles. Pour lui, les sens sont des mécanismes de recherche actifs, qui permettent de regarder, écouter, toucher. Un problème reste à surmonter. Si la proprioception (considérée comme le moyen d'obtenir des informations sur nos propres mouvements) ne dépend pas nécessairement des propriocepteurs et que l'extéroception (considérée comme le moyen d'obtenir des informations sur les événements extérieurs) ne dépend pas nécessairement des extérocepteurs, pouvons-nous néanmoins avoir accès uniquement aux informations proprioceptives ?

Si nous nous référons à notre expérience, il semble pourtant bien que nous distinguons les stimulations extrinsèques des stimulations intrinsèques. Autrement dit, nous distinguons les actions produites par le monde des actions produites par nous. En fait, dire que la proprioception ne dépend pas nécessairement des propriocepteurs n'implique pas que toute information proprioceptive dépende d'informations extéroceptives. C'est simplement souligner que les informations sur nos propres actions ne sont pas des informations passives dépendant uniquement de récepteurs sensoriels spécialisés. De plus, nous pouvons avancer l'idée que, si certaines informations proprioceptives sont accessibles et d'autres non, cela est dû à la possibilité ou à l'effectivité d'un retour réflexif sur nos actions.

Pour différencier les deux, nous allons, à la suite de O'Shaughnessy [O'Shaughnessy 1995], effectuer une distinction entre la proprioception réflexive (ou introspective) et la proprioception instrumentale. Lorsque nous prêtons une attention volontaire à une partie de notre corps, nous utilisons des informations proprioceptives de manière réflexive : nous devenons par exemple conscients que nos jambes sont croisées par un acte délibéré de réflexion sur l'état de notre corps. Mais nous ne sommes pas conscients de manière permanente de l'état de notre corps. La plupart du temps, nous utilisons les informations proprioceptives sous un mode instrumental, c'est-à-dire dans le but de l'exécution d'une action : l'attention est focalisée sur le but de l'action, plutôt que sur la position du corps. Nous recevons constamment un flux d'informations proprioceptives qui nous permet de planifier, d'exécuter et de contrôler nos actions. Par exemple, lorsque nous bougeons, nous avons besoin de savoir, seconde après seconde, où sont nos membres, si nos muscles sont tendus, si nous ne risquons pas de tomber, etc. Cependant nous utilisons, la plupart du temps, ces informations de manière non réflexive.

Toutefois, cette distinction ne semble pas suffisante. Le fait que nous ayons accès à des sensations de nature proprioceptive peut s'expliquer par la possibilité d'un retour réflexif sur nos actions. Mais nous n'avons pas expliqué comment distinguer les informations proprioceptives des informations extéroceptives. Deux types d'explications permettent de distinguer les stimulations extrinsèques des stimulations intrinsèques. Une première explication est fondée sur l'hypothèse d'une copie efférente. Schématiquement, elle suggère qu'à chaque fois que le cerveau envoie une commande pour un certain mouvement, il stocke une copie de celle-ci. Si l'on observe une association systématique entre copie efférente et réafférence sensorielle, c'est que celle-ci est proprioceptive. Une seconde explication se base sur la structure des lois gouvernant les changements sensoriels produits par les actions motrices variées. Ces structures de loi, appelées aussi contingences sensorimotrices [O'Regan and Noë, 2001], sont sujettes à différentes propriétés de variations : ces variations peuvent être liées aux propriétés des systèmes sensoriels et aux propriétés des stimuli. Par exemple, concernant les stimuli, nous pouvons dire que les stimuli naturels pour la perception ont les caractéristiques suivantes :

- ils ont toujours des degrés d'ordre adjacent ;
- ils ont toujours des degrés d'ordre successif ;
- ils ont toujours des composantes variables et des composantes invariables [Gibson, 1966].

La structure des lois reliant actions et changements sensoriels associés peut nous aider à comprendre la distinction entre perception et sensation corporelle. Bermudez [Bermudez, 1998] explique que le contenu des informations proprioceptives est dual. Il est

descriptif (il est une description de l'état du corps) et spatial (il est une représentation d'un état comme étant un état d'une certaine partie du corps). De la même manière, les sensations corporelles comme la douleur sont toujours localisées dans l'espace du corps : ce n'est pas seulement une douleur, c'est une douleur précise, par exemple dans la main droite. Ainsi, pour distinguer l'espace de notre corps et l'espace d'autres objets, nous devons prendre en compte le fait que : «la frontière de mon corps est une frontière que les relations spatiales usuelles ne franchissent pas», [Merleau-Ponty, 1945]. Ainsi, une caractéristique spécifique des sensations corporelles est qu'une sensation située dans une partie du corps ne se déplace pas alors que le corps bouge. Ned Block [Ned Block, 1983] le souligne lorsqu'il juge l'inférence suivante fautive : «J'ai une douleur dans mon pouce, mon pouce est dans ma bouche, donc j'ai une douleur dans ma bouche». Il en conclut que le terme "dans" ne peut pas être compris ici comme une relative spatiale transitive et que la localisation phénoménale montre certaines caractéristiques spécifiques. Ainsi, dans le contexte d'une localisation phénoménale, on ne peut pas substituer un constituant (mon pouce dans la bouche) à un autre constituant co-référentiel (ma bouche) en conservant la vérité de la proposition [De Vignemont, 2003]. C'est là une des lois nous permettant de distinguer perception et sensation corporelle.

De la même manière, la structure des lois reliant actions et changements sensoriels associés explique les différences phénoménales ressenties en fonction des différentes modalités sensorielles. O'Regan et Noë (2001) définissent la distinction entre nos modalités sensorielles selon le critère des équivalences sensori-motrices. Les différences phénoménales ressenties et les caractéristiques propres à chaque modalité sensorielle sont expliquées en termes de structures de changements. Ce qui va différencier la vision de l'audition ou d'une autre modalité sensorielle, c'est la structure des lois gouvernant les changements sensoriels produits par les actions motrices variées, c'est-à-dire les contingences sensorimotrices gouvernant l'exploration visuelle. Parce que les contingences sensori-motrices de chaque modalité ont des propriétés invariantes différentes, la structure des lois qui gouvernent la perception est différente selon chaque modalité. Par exemple, une première loi qui distingue le percept visuel est le fait que lorsque les yeux bougent, la stimulation sensorielle sur la rétine bouge et se distord d'une manière particulière. Une loi différenciant la vision de l'audition est que, lorsque nous nous avançons vers une source de stimulation, au niveau visuel, nous allons avoir un flux en expansion, alors qu'au niveau auditif nous allons avoir une augmentation de l'amplitude du son. Le tableau 7.1 présente des exemples de contingences sensorimotrices liées à la modalité visuelle et de contingences sensorimotrices liées à la modalité auditive.

	VOIR	ENTENDRE
Cligner	grand changement	pas de changement
Avancer	flux en expansion	augmentation d'amplitude
Tourner latéralement	flux latéral	asynchronie
Couvrir les oreilles	rien	grand changement
Couvrir les yeux	grand changement	rien

Tableau 7.1: Différences entre les contingences sensorimotrices induites par le système visuel et les contingences sensorimotrices induites par le système auditif

Cette conception de la perception comme constituée de boucles sensorimotrices inséparables de l'activité du sujet a été reprise et étendue en éthologie. Pour Von Uexküll, il

est possible de caractériser les «mondes propres» de chaque être sur la base des boucles sensorimotrices qui constituent sa relation au monde. Il donne l'exemple du «monde propre» (Umwelt) de la tique en se basant sur trois boucles sensorimotrices et souligne que ce monde propre se réduit à ces trois cercles fonctionnels : «Dans le monde gigantesque qui entoure la tique, trois stimulants brillent comme des signaux lumineux dans les ténèbres... La richesse du monde qui entoure la tique disparaît et se réduit ainsi à une forme pauvre qui consiste pour l'essentiel en trois caractères perceptifs et trois caractères actifs - *son Umwelt*. Mais la pauvreté de l'Umwelt conditionne la sûreté de l'action, et la sûreté est plus importante que la richesse», [Von Uexküll, 1934]. La caractérisation des mondes propres des individus sur la base d'une identification des couplages sensori-moteurs qui caractérisent leur relation au monde est largement utilisée en éthologie, et elle a été récemment employée pour évoquer le monde propre des nourrissons [Stern, 1989].

7.5 EXTÉRIORITÉ DE LA PERCEPTION

Pour les théories sensorimotrices, la perception n'est pas seulement une interprétation des messages sensoriels : la perception est contrainte par l'action. Pour nombre de ces théories, concevoir la perception comme un processus, et non comme le simple résultat d'un processus, questionne la nature des représentations mentales et le statut que nous leur donnons. Bien que notre expérience visuelle immédiate semble être celle d'un monde riche et détaillé, il est faux de croire que cette richesse doit être attribuée non seulement au monde externe mais aussi à un monde interne, dans lequel sont censées se constituer des répliques identiques aux objets perçus. En effet, au vu de ce qu'est notre perception consciente du monde visuel, nous pourrions penser que la perception d'une scène consiste en la possession d'un modèle interne détaillé de celle-ci [Marr, 1982]. D'autres théories considèrent notre impression d'une présence visuelle riche comme une illusion. Cette illusion s'expliquerait par la possibilité que nous avons de voir tous les changements au sein d'une scène, ce qui nous donne l'impression d'être visuellement conscients de chaque constituant d'une scène perçue [Noë, e.a., 2000; O'Regan, 1992].

7.5.1 L'EXEMPLE DE LA CÉCITÉ AUX CHANGEMENTS

Le système visuel est particulièrement sensible aux changements abrupts de luminance ou de couleur qui accompagnent toute modification au sein du champ visuel. Ces signaux sont immédiatement détectés et traités par des mécanismes de bas niveau du système visuel. Les signaux transitoires peuvent capter automatiquement l'attention du sujet et l'attirer sur le lieu du changement et ce de manière exogène, c'est-à-dire indépendamment des buts ou intentions du sujet [Folk e.a., 1992; Yantis, 1993]. Un moyen de vérifier que les changements abrupts de luminance attirent l'attention à l'emplacement du changement et en favorisent ainsi la détection a été d'utiliser, au cours d'expériences dites de «cécité aux changements», des protocoles qui permettent de noyer les signaux transitoires accompagnant le changement. Ces expériences montrent que lorsque les changements dans une scène visuelle ne peuvent plus capter automatiquement l'attention des sujets, ces derniers ont beaucoup de difficultés à détecter ces changements. Une cécité aux changements a pu ainsi être induite lorsque le changement survient durant une saccade [Henderson, 1997; Irwin, 1991] ou un clignement de paupières [O'Regan e.a., 2000], lorsqu'un écran blanc («flicker») est inséré entre l'image originale et l'image modifiée [Pashler, 1988; Simons, 1996; Rensink e.a., 1997], lorsque

des perturbations locales consistant en 6 petits rectangles ou ovales noirs et blancs (*mudsplashes*) sont dispersés à travers l'image au moment du changement sans pour autant recouvrir le lieu du changement [O'Regan e.a., 1999], lorsqu'un changement se produit progressivement dans un élément d'une scène visuelle [Auvray e.a., 2003], lors d'un changement de plan dans une séquence de film [Hochberg, 1986 ; Levin e.a., 1997] ou encore lors d'un changement dans le monde réel [Simons e.a., 1998]. Ces travaux suggèrent qu'une partie seulement des informations présentes dans une scène est préservée. Les résultats obtenus cautionnent une théorie de la perception dépendante de l'attention. Les informations présentes dans une scène visuelle ne sont pas encodées de manière équivalente et ne se présentent pas à nous de manière synchrone. Au contraire, nous ne percevons que le contenu des éléments sur lesquels se porte notre attention et ce en fonction de certains facteurs comme leur intérêt et leur cohérence.

Trois positions théoriques peuvent être dégagées des études sur la cécité aux changements [Auvray e.a., 2003 ; Simons, 2000]. Soit on conserve l'idée d'une représentation analogique ou iconique, en relevant que cette représentation est insuffisante pour expliquer le caractère continu et détaillé de notre expérience visuelle. Soit on adopte l'idée d'une représentation interne limitée, c'est-à-dire une représentation éparse, ne reflétant pas le détail de la scène visuelle. Le rôle de l'attention est alors de guider la construction d'un percept en sélectionnant un certain nombre de caractéristiques pertinentes et de stabiliser cette représentation afin qu'elle puisse former un objet individuel continu à travers l'espace et le temps [Kahneman e.a., 1992 ; Rensink, 2000]. Soit on se défait de l'idée d'image interne, en posant que la vision peut s'expliquer sans en passer par ces stimuli intermédiaires. Cette position est celle adoptée par O'Regan [O'Regan, 1992]. Selon lui, le monde visible est une «mémoire externe», mémoire puisque réserve d'objets subsistants et disponibles, à laquelle il est possible d'accéder instantanément et au moment voulu via un mouvement des yeux. Il n'est par conséquent nul besoin de reconstruire intérieurement le monde extérieur : il est déjà continuellement disponible à l'extérieur. Notre impression d'un monde détaillé et cohérent est basée sur les propriétés du monde visuel externe et non sur les propriétés de représentations supposées qui sous-tendraient notre expérience visuelle.

7.5.2 L'EXEMPLE DES NOMBREUX DÉFAUTS DE NOTRE SYSTÈME VISUEL

Pour appuyer sa thèse du monde comme mémoire externe, O'Regan [O'Regan, 1992] considère les nombreux défauts présentés par notre système visuel afin de poser la question : comment se fait-il que nous puissions si bien voir avec un appareil visuel qui semble si piètrement conçu ? De fait, l'image qui s'imprime sur notre rétine est imparfaite : cette image est floue, désordonnée et extrêmement variable. Notre système visuel présente de nombreux défauts tels que :

- *La non uniformité de la répartition des cônes sur notre rétine* : les cônes n'ont d'espacement uniforme en aucune région de la rétine ; plus on s'éloigne du centre, plus l'espacement entre les cônes augmente. Par conséquent, l'acuité visuelle n'est pas uniforme et nous ne devrions pas voir les choses de façon homogène ;
- *La présence d'une tache aveugle* : les axones et les vaisseaux sanguins forment ensemble une sorte de câble qui quitte le globe oculaire à environ dix à treize degrés du côté nasal de la rétine. À cet endroit, il ne peut y avoir de cellules photosensibles et nous ne devrions donc rien voir dans la partie du champ visuel correspondant. Cette tache aveugle sous-tend un angle visuel de trois à cinq degrés, ce qui correspond à

un citron tendu à bout de bras. Pourtant, il nous faut bien admettre qu'il n'y a aucune impression de trou ou de tache à cet endroit ;

- *Les perturbations engendrées par les mouvements saccadiques des yeux* : les saccades sont des mouvements très rapides des yeux, elles peuvent aller jusqu'à six cent degrés par seconde. Puisque la rétine a un temps d'intégration d'un dixième de seconde et la saccade de vingt à cinquante millisecondes, les informations visuelles présentes avant une saccade sont toujours présentes alors même qu'une nouvelle image s'étend déjà à travers la rétine dans la durée de la saccade. Ces deux images devraient dès lors, juste après la saccade, en quelque sorte se fondre ensemble et laisser un effet de gris. Or, celui-ci ne se voit pas. De plus, un objet peut impressionner deux parties différentes de la rétine à très peu de temps d'intervalle, c'est-à-dire juste avant et après la saccade. Pourtant, on ne voit pas ce déplacement. Ces deux informations différentes venant de deux fixations successives doivent donc être fondues ensemble sans pour autant donner l'impression subjective de coutures ou de raccords dans notre environnement visuel. En outre, la fréquence des saccades étant très élevée, c'est-à-dire entre trois et cinq fois par seconde, nous devrions avoir l'impression que l'objet sautille. Pourtant, même si la position de l'objet sur la rétine change constamment, nous parvenons à localiser précisément cet objet dans notre champ visuel.

Dans nombre de théories représentationalistes, la résolution de ces difficultés exige la multiplication de mécanismes censés pallier chacune des carences précédemment indiquées. Nous décrivons succinctement deux de ces mécanismes compensatoires. Pour expliquer le fait que l'existence d'une tache aveugle ne se reflète pas dans notre perception, il est généralement supposé que le cerveau comble l'information visuelle en insérant perceptivement dans la région de la tache aveugle un matériel basé sur ce qu'il y a dans son voisinage immédiat [Gerrits e.a., 1970 ; Paradiso e.a., 1991]. Concernant les défauts liés aux mouvements saccadiques de l'œil, deux propositions de mécanismes compensatoires peuvent être ici retenues à titre de solutions archétypales des théories représentationalistes. Le problème de l'entachement peut être pallié par un mécanisme de «suppression saccadique». C'est le cerveau qui commande les mouvements des yeux ; il peut tout aussi bien commander les entrées d'information et notamment, résolvant ainsi les problèmes rencontrés, empêcher l'information d'entrer pendant la saccade [Matin, 1974 ; Volkman, 1986]. Pour expliquer le déplacement de l'image rétinienne, une autre forme de mécanisme compensatoire est proposée : le «signal extra-rétinien». Ce signal indique l'étendue du déplacement saccadique ; cette indication peut alors être utilisée pour déplacer la représentation interne de la scène visuelle d'une manière inversement proportionnelle : le déplacement sur la rétine correspondant à la saccade est donc bel et bien compensé sur l'écran interne qui se trouve derrière cette rétine [Matin, 1972].

La multiplication de ces mécanismes est contraire au principe fondamental d'économie. O'Regan refuse dès lors le cadre qui exige une telle multiplication. Il doute du présupposé qui préside à la mise en place d'un tel cadre, à savoir la thèse de l'existence d'une copie interne de la chose perçue. Il propose comme explication alternative que ce n'est pas à cette image imparfaite que nous accédons, mais plutôt aux lois qui relient les mouvements oculaires aux variations sensorielles qu'ils provoquent.

7.5.3 LE MONDE COMME MÉMOIRE EXTERNE : DEUX ANALOGIES

O'Regan [O'Regan, 1992] présente deux analogies pour illustrer une théorie de la perception comme mémoire externe. La première est une analogie avec le cinéma. Au cinéma, malgré les changements de plan et les ellipses, le spectateur peut appréhender l'arrangement spatial de la scène sans difficulté. Il semble douteux que, pour ce faire ; il construise d'abord une réplique à la métrique correspondant exactement à la scène ; puis qu'il calcule les différences perceptives en fonction des déplacements de la caméra dans la scène filmée. Dans un tel cas, la représentation de la scène est en réalité seulement «sémantique» et les changements de position sont appréhendés approximativement. Selon O'Regan, les mouvements des yeux n'interféreraient pas plus dans la vision qu'un changement de plan cinématographique. Voir consisterait à prendre l'information entrante comme elle vient et à l'insérer dans une description structurelle, une sorte de cadre mental schématique et non métrique. Pour appréhender la scène extérieure, il n'est pas besoin de l'insérer dans une représentation métrique et précise et de calculer les mouvements des yeux pour quantifier les compensations à opérer. Autrement dit, pour appréhender une scène extérieure, il n'est pas nécessaire de lui supposer une copie intérieure.

La seconde analogie qu'utilise O'Regan pour illustrer une théorie de la perception comme mémoire externe est tactile. Lorsque nous touchons un objet avec la main à plat, il y a des espaces entre nos doigts ; nous ne ressentons pas pour autant de trous dans l'objet aux endroits correspondants. De plus, nous touchons une bouteille en nous attendant à ce que ce soit une bouteille, nous n'avons pas besoin de la palper entièrement pour en appréhender la forme globale ; à chaque nouvelle question concernant l'objet, nous n'avons pas à consulter une sorte de réplique interne que nous aurions formée de l'objet, mais nous n'avons qu'à y appliquer nos doigts de nouveau pour y répondre. Notre perception tactile de la bouteille est fournie par une exploration tactile active, non par la réception passive d'informations structurées comme images mentales. La différence entre action et connaissance n'est plus absolue : reconnaître par le toucher, c'est vérifier les sensations causées par les actions possibles sur cet objet. Par extension au sens de la vue, nous pouvons considérer que la perception d'un objet n'est pas une sensation passive venant de la rétine ou de sa projection interne, mais la sensation procédant d'une exploration active de l'objet. Certes, il y a bien une différence entre le sens tactile et le sens visuel : ce dernier nous donne une impression totale de l'objet, alors que le premier ne nous en donne qu'une impression partielle. Mais cette différence n'est que la résultante du fait que le champ exploratoire est plus vaste lorsqu'il est fourni par le champ visuel que lorsqu'il est fourni par la main.

Selon cette approche, le monde extérieur est une mémoire externe. Une réserve d'objets subsistants et disponibles, à laquelle il est possible d'accéder via les mouvements des yeux à loisir, instantanément et au moment voulu. Il n'est nul besoin de reconstruire intérieurement le monde extérieur : il est continuellement disponible à l'extérieur. Voir n'est donc pas contempler la projection sur un écran intérieur de ce qui a été passivement reçu sur la rétine. C'est avoir une connaissance non métrique des objets en face de nous ; objets que nous interrogeons à volonté en puisant les informations que nous désirons dans le champ visuel qui se déploie devant nous.

Revenons à l'hypothèse opposée, celle d'une représentation interne de la chose perçue. Elle aussi prend son origine dans cette possibilité toujours offerte d'une action de saisie visuelle du réel. De cette permanence de l'offre naît la croyance en une dispo-

nibilité continue du réel visible et bientôt la croyance en l'existence d'une visibilité intrinsèque du réel. Il n'y a plus qu'un pas à franchir pour affirmer que ce réel visible s'inscrit passivement sur une rétine et se constitue en représentation dès lors toujours disponible. C'est là l'illusion constitutive des théories représentationalistes. Pour y proposer une alternative, il faut poser que voir est une action. C'est l'acte de voir qui rend les choses visibles. C'est de l'action d'interroger l'environnement qu'émerge une visibilité du réel. Par conséquent, avoir un objet en face des yeux n'est pas suffisant pour le voir. Si nous ne nous posons pas de question particulière sur un élément précis du champ visuel ou si nous ne sommes pas capables de l'insérer dans un cadre cognitif approprié, alors nous pouvons ne pas remarquer un objet même s'il est directement regardé.

En adoptant cette seconde approche, il n'est plus nécessaire d'invoquer des mécanismes compensatoires. Nous n'avons pas besoin de compenser le mouvement des yeux : bien que médiateurs de l'information, ils ne sont pas seuls constitutifs de la perception. L'image rétinienne à l'instant t peut présenter des défauts sans que pour autant la perception à l'instant t soit de piètre qualité. Cette perception n'est pas le décalque de l'image rétinienne : elle est le résultat de notre inspection active du réel. Notre perception ne présente pas de tache aveugle puisque notre perception n'a pas d'autre objet que ce qu'elle est allée chercher. Nous ne voyons pas de trous ou de différences de résolutions de couleur car notre sensation de voir n'est pas constituée uniquement de ce qu'il y a sur la rétine.

7.6 LE MONDE COMME MÉMOIRE EXTERNE : PERSPECTIVES BERGSONIENNES ET LIMITES

Comme nous l'avons exposé, le principe de l'extériorité de la perception est également au cœur de la philosophie bergsonienne. Pour Bergson [Bergson 1896], percevoir n'est pas recevoir passivement les informations de la rétine ou d'un quelconque écran intérieur, c'est une action. C'est l'action d'interroger et d'explorer le monde extérieur ou, ce qui revient au même, l'action de découper dans le monde ce qui est utile à l'action. Cependant, d'une conception sensorimotrice de la perception Bergson infère une théorie spiritualiste de la mémoire. Pour lui, le monde extérieur constitue également une sorte de mémoire externe à laquelle il est possible d'accéder instantanément. Mais, puisque le souvenir ne peut plus être une re-présentation interne née à l'occasion de la perception, il convient de se demander quel statut le souvenir peut dès lors avoir. Est-ce qu'il se constitue lui aussi comme perception externe ? Tout défenseur d'une théorie sensorimotrice devra soit accepter l'hypothèse spiritualiste de Bergson concernant la mémoire, soit proposer une alternative cohérente avec les autres hypothèses de cette théorie de la perception.

Pour préciser ici quelque peu l'alternative, le réel est bien pour Bergson une mémoire externe qui s'offre à la perception. Mais il est de plus la seule mémoire qui soit. Il n'y a, pas plus dans le cas de la remémoration que dans celui de la perception, de mémoire interne ou cérébrale, de réceptacle d'objets que nous verrions. Si tel était le cas, nous retrouverions les mêmes problèmes que ceux précédemment évoqués. Bien sûr, il existe ce que l'on pourra appeler une mémoire corporelle qui correspond à un ensemble de schèmes moteurs internes au système nerveux. C'est ce qu'il désigne du nom de mémoire-habitude. Mais en ce qui concerne plus spécifiquement la mémoire comme telle, qu'il appelle mémoire-souvenir, le cerveau ne cesse nullement d'être seulement un organe d'action, c'est-à-dire un récepteur et transmetteur d'image-mouvement. Mais

si les images remémorées ne sont pas présentes dans le cas du souvenir, où sont-elles ? Se souvenir, c'est se représenter quelque chose en l'absence de cette chose. L'image ne semble donc être ni dans le cerveau, ni dans le réel. C'est en fait là qu'intervient une distinction fondamentale entre le réel et l'actuel chez Bergson. L'actuel n'est qu'une partie du réel, celle qui agit. En ce sens, le passé ne s'oppose pas au réel, mais à l'actuel. Le passé est le virtuel, c'est à dire l'autre immense partie du réel, le réel qui n'agit pas. Le passé est pour Bergson, le présent dont la «fréquence» a considérablement diminué. La chose remémorée est actuellement absente, c'est-à-dire présentement non actualisée mais elle est toutefois réelle. Autrement dit, de même que le réel ne cesse pas d'exister sous prétexte que je ferme les yeux, le réel ne cesse pas d'exister pour la simple raison qu'il acquière des caractéristiques qui ne rentrent plus dans le champ de ma réceptivité. Un objet existe même si je ferme les yeux ; un objet existe même s'il ne réfléchit pas de longueurs d'onde susceptibles d'être captées par mes yeux. Qu'est-ce que devenir passé ? C'est seulement acquérir des caractéristiques telles que l'on sort du champ de l'observable. Qu'est-ce qu'être présent ? C'est seulement être observable, immédiatement ou par le truchement de ses effets. Etre présent, c'est avoir des caractéristiques homogènes aux caractéristiques de mon corps, corps qui est un centre d'action intéressé. C'est dès lors être susceptible d'être l'objet de l'action de mon corps. C'est enfin, chez des êtres capables de suspension des mouvements qui le traversent, être susceptible d'être perçu. Le passé en sa totalité est réel même si mon corps découpe dans cette réalité une portion qui se dénommera dès lors présent.

Le passé est donc réel en sa totalité. Mais il lui faut d'une manière ou d'une autre devenir actuel car à défaut d'actualisation, on peut tout supposer réel. La remémoration est précisément le processus d'actualisation d'un réel, le passé, en quelque chose de captable. Cette réactualisation du passé - et c'est là le point crucial et épineux (sur lequel devra prendre position toute théorie affirmant en un sens fort l'extériorité de la perception) - se fait par une oreille interne qui en quelque sorte amplifie cette portion du réel dont la «fréquence» ne peut être perçue par l'un de nos cinq organes sensoriels. Ainsi, pour Bergson, la perception se fait dans les choses, elle ne donne en aucun cas lieu à une représentation interne, qui pourrait être re-présentée lors de la remémoration. Le souvenir ne pouvant dès lors être re-présentation interne, se constitue comme présentation externe. Les souvenirs, qui font partie de ce passé réel, bien que non actuel, sont perçus à l'extérieur. On comprend dès lors que, dans une telle conception, le monde, certes non pas en tant qu'actuel mais en tant que réel, est non seulement une mémoire externe mais même la seule mémoire qui soit.

7.7 RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Aristote. De l'âme (1989 ed.). Paris : Les belles lettres.

Auvray, M., and O Regan, J. K. (2003). L'influence des facteurs sémantiques sur la cécité aux changements progressifs dans les scènes visuelles. *Année Psychologique*, 103(1), 9-32.

Bergson, H. (1896). *Matière et mémoire* (1997 ed.). Paris : PUF, Quadrige.

Bermudez, J. (1998). *The Paradox of Self-Consciousness*. Cambridge : MIT Press.

Block, N. (1983). Mental pictures and cognitive science. *Philosophical Review*, 92, 499-541.

- Brentano, F. (1874). *Psychologie du point de vue empirique* (1944 ed.). Paris : Aubier.
- Brooks, R. (1999). *Cambrian Intelligence. The Early History of the New AI*. Cambridge : MIT Press.
- De Vignemont, F. (2003). Ghost buster : The reality of one's own body. In N. C. University (Ed.), (Vol. 7(1), pp. 121-140.).
- Deleuze, G. (1983). *L'image-mouvement*. Paris : Les Editions de Minuit.
- Descartes, R. (1637). *Discours de la méthode*. Paris : Chronique des Lettres Françaises.
- Descartes, R. (1641). *Méditations métaphysiques* (1979 ed.). Paris : Garnier-Flammarion.
- Fodor, J. A. (1975). *The Language of Thought*. Cambridge, MA : Harvard University Press.
- Folk, C. L., Remington, R. W., and Johnston, J. C. (1992). Involuntary covert orienting is contingent on attentional control settings. *Journal of Experimental Psychology : Human Perception and Performance*, 18(4), 1030-1044.
- Gerrits, H. J. M., and Vendrik, A. J. H. (1970). Simultaneous contrast, filling-in process and information processing in man's visual system. *Experimental Brain Research*, 11, 411-430.
- Gibson, J. J. (1966). *The senses considered as perceptual systems*. Boston : Houghton Mifflin.
- Gibson, J. J. (1979). *The ecological approach to visual perception*. Boston : Houghton Mifflin.
- Henderson, J. M. (1997). Transsaccadic memory and integration during real-world object perception. *Psychological Science*, 8(1), 51-55.
- Hochberg, J. (1986). Representation of motion and space in video and cinematic displays. In K. R. Boff, L. Kaufman and J. P. Thomas (Eds.), *Handbook of perception and human performances* (Vol. 1 : Sensory processes and perception, pp. 22.21-22.64). New York : John Wiley and Sons.
- Husserl, E. (1907). *Chose et espace. Leçons de 1907* (1989 ed.). Paris : PUF. Irwin, D. E. (1991). Information integration across saccadic eye movements. *Cognitive Psychology*, 23, 420-456.
- Kahneman, D., Treisman, A., and Gibbs, B. J. (1992). The reviewing of object files : object-specific integration of information. *Cognitive Psychology*, 24(2), 175-219.
- Lenay, C., Gapenne, O., Hanneton, S., Marque, C., and Genouëlle, C. (2003). Sensory substitution : Limits and perspectives. In Y. Hatwell, A. Streri and E. Gentaz (Eds.), *Touching for Knowing* (pp. 275-292) : John Benjamins.

- Levin, D. T., and Simons, D. J. (1997). Failure to detect changes to attended objects in motion pictures. *Psychonomic Bulletin and Review*, 4(4), 501-506.
- Marr, D. (1982). *Vision*. New York, San Francisco : W. H. Freeman and Co.
- Matin, E. (1974). Saccadic suppression : a review and an analysis. *Psychological Bulletin*, 81(12), 899-917.
- Matin, L. (1972). Eye movements and perceived visual direction. In D. Jameson and L. M. Hurvich (Eds.), *Handbook of sensory physiology* (Vol. 7 : Visual Psychophysics, pp. 331-380).
- Merleau-Ponty, M. (1945). *La phénoménologie de la perception*. Paris : Gallimard.
- Noë, A. (2005). *Action in Perception*. Cambridge : MIT press.
- Noë, A., Pessoa, L., and Thompson, E. (2000). Beyond the grand illusion : What change blindness really teaches us about vision. *Visual Cognition*, 7, 93-106.
- O'Regan, J. K. (1992). Solving the «real» mysteries of visual perception : The world as an outside memory. *Canadian Journal of Psychology*, 46(3), 461-488.
- O'Regan, J. K., Deubel, H., Clark, J. J., and Rensink, R. A. (2000). Picture changes during blinks : Looking without seeing and seeing without looking. *Visual Cognition*, 7(1-3), 191-211.
- O'Regan, J. K., and Noë, A. (2001). A sensorimotor account of vision and visual consciousness. *Behavioral and Brain Sciences*, 24(5), 939-973.
- O'Regan, J. K., Rensink, R. A., and Clark, J. J. (1999). Change-blindness as a result of 'mudsplashes'. *Nature*, 398, 34.
- O'Shaughnessy, B. (1995). Proprioception and the body image. In J. L. Bermudez, A. Marcel and N. Eilan (Eds.), *The Body and the Self*. Cambridge : MIT Press.
- Pacherie, E. (1993). *Naturaliser l'intentionnalité - Essai de Philosophie de la Psychologie*. Paris : P.U.F.
- Paillard, J. (1971). Les déterminants moteurs de l'organisation spatiale. *Cahiers de Psychologie*, 14, 261-316.
- Paradiso, M. A., and Nakayama, K. (1991). Brightness perception and filling-in. *Vision Research*, 31, 1221-1236.
- Pashler, H. (1988). Familiarity and visual change detection. *Perception and Psychophysics*, 44(4), 369-378.
- Piaget, J. (1936). *La naissance de l'intelligence chez l'enfant*. Neuchâtel : Delachaux and Niestlé.

Piaget, J. (1937). *La construction du réel chez l'enfant*. Neuchatel : Delachaux and Niestlé.

Rensink, R. A. (2000). The dynamic representation of scenes. *Visual Cognition*, 7(1-3), 17-42.

Rensink, R. A., O'Regan, J. K., and Clark, J. J. (1997). To see or not to see : The need for attention to perceive changes in scenes. *Psychological Science*, 8(5), 368-373.

Sherrington, C. S. (1906). *The Integrative Action of the Nervous System* (1947 ed.). New Haven : Yale University Press.

Simons, D. J. (1996). In sight, out of mind : When object representations fail. *Psychological Science*, 7(5), 301-305.

Simons, D. J. (2000). Current approaches to change blindness. *Visual Cognition*, 7(1-3), 1-15. Simons, D. J., and Levin, D. T. (1998). Failure to detect changes to people during a real-world interaction. *Psychonomic Bulletin and Review*, 5(4), 644-649.

Stern, D. (1989). *Le monde interpersonnel du nourrisson*. Paris : PUF.

Stoffregen, T. A., and Bardy, B. G. (2001). On specification and the senses. *Behavioral and Brain Sciences*, 24(2), 195-213.

Varela, F. J., Thompson, E., and Rosch, E. (1991). *The embodied mind : Cognitive science and human experience*. Cambridge : Mit Press.

Volkman, F. C. (1986). Human visual suppression. *Vision Research*, 26(9), 1401-1416.

Von Uexküll, J. (1934). *Mondes animaux et monde humain* (1965 ed.). Paris : Denoël.

Yantis, S. (1993). Stimulus-driven attentional capture. *Current Directions in Psychological Science*, 2(5), 156-161.