

Énaction de la distance et du possible. Un hommage à John Stewart

Charles LENAY*

RÉSUMÉ. Cet article, en hommage à John Stewart, vise à proposer une approche nouvelle de la perception de la position d'un objet à distance, qui implique de donner un statut ontologique aux positions possibles dans l'espace distal.

Après avoir rappelé la difficulté d'une explication de la perception de l'extériorité dans le cadre des approches éenactives, nous procéderons en deux étapes. Dans la première, nous présenterons les tentatives d'explication de la perception distale en termes d'invariants sensorimoteurs individuels. Ceci nous semble bien poser le problème mais échoue à le résoudre. Puis dans une seconde étape nous proposerons une voie nouvelle pour rendre compte de la perception spatiale, voie qui ne renie pas les intuitions de départ des approches éenactives autopoïétiques, mais qui change radicalement la conception de la cognition en considérant, dès le stade perceptif, la nécessité de la prise en compte d'interactions interindividuelles. Le protocole d'une étude expérimentale originale permettra de caractériser cette nouvelle approche pour rendre compte, sans sortir du domaine de couplage, de l'expérience perceptive d'objets à distance, en extériorité dans un espace de possibles. Pour cela nous aurons à analyser les limites du croisement perceptif, c'est-à-dire le moment où la réciprocité perceptive entre différents sujets commence à disparaître.

Mots-clés : Perception spatiale, suppléance perceptive, croisement perceptif, Stewart, autopoïèse, possibilités, réciprocité.

ABSTRACT. Enacting the Distance and the Possibilities. A Tribute to John Stewart.

This article, in homage to John Stewart, aims at proposing a new approach to the perception of the position of an object at a distance, which implies giving an ontological status to the possible positions in the distal space.

After having recalled the difficulty of explaining the perception of exteriority within the framework of enactive approaches, we will proceed in two steps. In the first stage, we will present the attempts to explain distal perception in terms of individual sensorimotor invariants. This seems to us to pose the problem well but fails to solve it. Then, in a second step, we will propose a new way to account for spatial perception, a way that does not deny the initial intuitions of the enactive autopoietic approaches, but that radically changes the conception of cognition by considering, as early as the perceptual stage, the necessity of taking into account interindividual interactions. The protocol of an original experimental study will allow us to characterize this new approach to account, without leaving the domain of coupling, for the perceptual experience of objects at a distance, in exteriority in a space of possibilities. For this we will have to analyze the limits of the perceptual crossing, that is to say the moment when the perceptual reciprocity between different subjects starts to disappear.

* Philosophie, sciences et technologies cognitives, Université de Technologie de Compiègne, France.
charles.lenay<at>utc.fr

Keywords: Spatial perception, perceptual supplementation, perceptual crossing, Stewart, autopoiesis, possibilities, reciprocity.

1 – INTRODUCTION – LA QUESTION DE L'EXTÉRIORITÉ¹

Les travaux de John Stewart sont marqués par un effort constant de ré-enchantement de la recherche scientifique en biologie comme dans les sciences cognitives. Dans les deux cas, il s'agit d'allier l'effort de naturalisation au refus d'un réductionnisme éliminativiste. En biologie, il s'agit de trouver des alternatives aux théories du vivant qui prétendent réduire la morphogenèse et l'évolution aux seules informations du code génétique (Stewart, 2019). En sciences cognitives, il s'agit de proposer des alternatives aux théories computationnelles de l'esprit qui prétendent réduire la cognition à un traitement d'information. Deux grandes luttes qu'il réunit en une seule à travers l'équation « vie = cognition » (Stewart, 1992, 1995). Sur le plan méthodologique, ce programme se caractérise par l'effort de toujours tenir compte du point de vue de l'observateur, ce qui doit être compris à la fois comme critique épistémologique accompagnant la recherche scientifique et comme engagement personnel.

Nous nous inscrivons dans cette démarche pour proposer ici une discussion théorique et méthodologique des conditions d'une naturalisation de l'expérience de l'extériorité spatiale. En effet, John Stewart a accompagné la démarche théorique et la méthode expérimentale minimaliste que nous allons mobiliser. De même nous suivrons la piste d'une équivalence fondamentale entre cognition et vie, entre les activités de perception ou de connaissance, et le savoir-faire de l'être vivant qui parvient à maintenir son existence dans un environnement variable et dangereux (Stewart, 1992). En même temps, par souci de cohérence, il s'agit d'appliquer à l'observateur, c'est-à-dire à nous-mêmes, les résultats de la recherche. La démarche de naturalisation doit donc avoir un répondant en première personne pour rendre compte de notre expérience phénoménologique d'un monde chargé de sens (Petitot *et al.*, 2000). Nous voulons examiner ici si une telle approche permet de rendre compte de la perception spatiale. Cela nous conduira à la critique d'une explication trop centrée sur l'individu pour plutôt promouvoir un rôle constitutif des interactions entre organismes.

Comment expliquer l'expérience perceptive d'un objet à distance dans l'espace ? Comment rendre compte de la perception d'une séparation entre notre point de vue ici et la position de l'objet là-bas ? (Siegle & Warren, 2010). Cette question fondamentale a été largement discutée en philosophie depuis Berkeley jusqu'à Husserl, Heidegger ou Merleau-Ponty (Pacherie, 1997 ; Declerck & Lenay, 2018). Nous voulons ici la reprendre du point de vue des efforts de naturalisation en sciences cognitives (Epstein *et al.*, 1986). Notre objectif n'est pas seulement d'expliquer la capacité à déterminer des distances, mais aussi de rendre compte de l'expérience vécue d'une extériorité des choses dans un espace qui nous en sépare. Nous défendrons l'idée que sans un champ de possibles, il n'y a pas de perception à proprement parlé mais seulement, au mieux, un lien

¹ Cet article reprend et développe : Lenay, C. « Perceiving at a distance: enaction, exteriority and possibility – a tribute to John Stewart ». *Adaptive Behavior*, 29, 5 (2021), pp. 485-503.

causal plus ou moins direct entre états de l'environnement et états de l'organisme percevant.

Pour cela, remarquons d'abord que la distance du prédateur ou de la proie est chargée d'enjeux et de valeurs, de dangers et de désirs qui n'ont de sens que par ce qui *peut* arriver et qui dépend de la proximité (spatiale ou temporelle). C'est là certainement la raison écologique essentielle de la présence, chez tant d'espèces animales, d'organes permettant de percevoir à distance.

Pour nous, la question de la perception de l'extériorité de l'objet, est donc aussi celle de l'expérience de l'espace devant nous comme champ phénoménal d'une multiplicité simultanée de divers possibles. Cette expérience phénoménologique de la distance a le sens de la multiplicité présente des positions et parcours possibles des cibles et dangers.

La perception visuelle est aussi révélatrice de l'inséparabilité entre la question du possible et celle de la perception d'un objet à distance (Husserl, 2013). Si là-bas, je perçois cette table comme objet tridimensionnel, c'est que doit être associée, à ma perception actuelle d'une de ses faces, toutes ses autres faces qui existeraient pour d'autres points de vue possibles. C'est ce que Husserl appelle l'horizon interne de l'objet. De même, il nous semble que l'espace qui nous sépare de l'objet ou qui le sépare d'autres objets est lui aussi présent comme un ensemble de lieux où nous pourrions être, de parcours que nous pourrions suivre (Husserl, 2013).

Dans le cadre des approches énaactives, le « sense making », c'est-à-dire la façon dont l'organisme fait advenir un monde chargé de valeur pour lui, se réaliserait dans le couplage entre l'organisme vivant et un environnement auquel il donne sens suivant les conditions du maintien de sa propre existence. Or, pour que les événements ou objets d'un tel monde puissent prendre le sens de valeurs positives ou négatives pour l'organisme lui-même, il faut expliquer la présence, pour lui, d'une multiplicité simultanée de diverses alternatives, bonnes ou mauvaises, non encore réalisées. Pour que les théories du sense-making puissent répondre à la prétention d'expliquer l'expérience vécue, il faut donc qu'elles puissent rendre compte de l'expérience d'objets et événements à distance, en extériorité dans un espace de possibles.

2 – ÉNACTIION ET EXTÉRIORITÉ

Comme annoncé, nous adopterons pour point de départ les réflexions de John Stewart qui, dans le prolongement des travaux de Francisco Varela et Humberto Maturana, place l'autopoïèse du vivant comme principe fondamental de la cognition. Mais la théorie de l'autopoïèse offre-t-elle les ressources suffisantes pour rendre compte de l'expérience de la séparation de l'objet de perception ? Cela semble présenter des difficultés puisque justement, par opposition au représentationnalisme, l'approche énactive pose que « [...] "object" and "subject" are intrinsically inseparable » (Stewart, 1992 ; Varela & Poerksen, 2006). Rappelons rapidement comment cette question essentielle pour les approches énactives a déjà été discutée.

Le point de départ est l'idée d'autonomie d'un système. Un système est autonome s'il est la cause du maintien de sa propre existence. Cette autonomie se réalise dans le cas de l'organisme vivant par une organisation autopoïétique, c'est-à-dire une organisation de processus physico-chimiques telle qu'ils

reproduisent cette organisation (Varela, 1979)². À chaque instant l'organisation de l'unité autopoïétique est concrètement réalisée par un état structurel particulier (l'état présent des processus). Cet état structurel est susceptible de subir des perturbations qui provoquent des changements structurels. Soit ces changements continuent à réaliser l'unité autopoïétique, soit la perturbation est destructrice produisant la disparition irréversible de cette unité. Tant que l'organisation autopoïétique se maintient il y a une clôture opérationnelle : tout changement d'état structurel produit un nouvel état structurel.

Pour chaque état structurel on peut définir l'ensemble des perturbations possibles non destructrices qui provoqueraient des changements structurels viables. Et, suivant l'état de l'environnement, ces changements structurels produisent eux-mêmes de nouvelles perturbations. L'enchaînement des perturbations et changements structurels réalise un couplage structurel avec l'environnement. On définit alors le domaine de couplage ou domaine d'interaction, comme étant l'ensemble des états du couplage possibles qui préserve l'existence de l'unité³. La même logique de clôture opérationnelle d'un système autonome fonctionne pour tous les niveaux d'organisation, et en particulier la dynamique du système nerveux des organismes pluricellulaire en couplage sensorimoteur avec leur environnement. Suivant les possibilités d'actions (de changements structurels) et de sensations (de perturbations) qu'offre le système il fera advenir un domaine de couplage spécifique.

Par son autonomie, le système se distingue de son environnement (une distinction qui ne se réduit pas à la membrane mais qui correspond plus fondamentalement à la clôture opérationnelle de son organisation (Di Paolo & Thompson, 2014 ; Virgo *et al.*, 2009)). Un observateur extérieur, peut reconnaître d'une part, l'unité autonome qui est réalisée par l'enchaînement des états structurels qui préservent son organisation, et d'autre part, l'environnement qui détermine les perturbations de l'unité en fonction de ses changements structurels. Cet environnement est défini relativement à l'unité comme tout ce qui est susceptible de produire des perturbations compatibles avec la continuation de son existence. C'est une niche écologique définie par l'organisme qui l'habite et qui est en même temps condition de son existence. Il y a donc instauration d'un point de vue dans le monde (Froese & Stewart,

² « An autopoietic system is organized (defined as a unity) as a network of processes of production (synthesis and destruction) of components such that these components: - continuously regenerate and realize the network that produces them, and - constitute the system as a distinguishable unity in the domain in which they exist. » (Varela, 1997)? « The living organization is a circular organization which secures the production or maintenance of the components that specify it in such a manner that the product of their functioning is the very same organization that produces them. Accordingly, a living system is an homeostatic system whose homeostatic organization has its own organization as the variable that it maintains constant through the production and functioning of the components that specify it, and is defined as a unit of interactions by this very organization » (Maturana, 1970).

³ « A living system defines through its organization the domain of all interactions into which it can possibly enter without losing its identity, and it maintains its identity only as long as the basic circularity that defines it as a unit of interactions remains unbroken. » (Maturana, 1970, p. 9) « Accordingly, any system which fulfils the criteria for autopoiesis also generates its own domain of possible interactions in the same movement in which it gives rise to its emergent identity. » (Thompson, 2007, p. 44).

2010)⁴. On a cru tenir là assez d'éléments pour rendre compte d'un monde propre de l'organisme, c'est-à-dire d'un Umwelt au sens de Jakob Von Uexküll (1992) qui se distinguerait du simple environnement physique (Varela & Bourguine, 1992).

« ...the important distinction between the environment of the living system as it appears to an observer and without reference to the autonomous unity– which we shall call hereafter simply the environment – and the environment for the system, which is defined in the same movement that gave rise to its identity and that only exists in that mutual definition– hereinafter the system's world. » (Varela, 1997)

Mais, peut-on parler si vite d'un monde propre de l'unité autonome, si l'on n'a pas rendu compte de l'extériorité pour elle d'un champ de possibles ? Certes, on peut considérer que la perception n'est pas un état interne de l'organisme mais qu'elle est énéactée comme état de son couplage avec l'environnement⁵. Cependant, on ne doit prendre en considération pour le système que ce qui peut produire ou modifier des invariants de la dynamique qui assure la reproduction de son organisation autonome. Ces invariants sont entièrement spécifiés depuis l'intérieur de sa clôture organisationnelle. Chaque perturbation ne fait que sélectionner un changement dans le répertoire des changements structurels possibles (Maturana & Varela, 1987, p. 122). On ne peut sortir du domaine de couplage pour accéder à des causes des perturbations autres que les états du couplage précédents : « there is no other “object” of knowledge than the subject's own dynamic existence » (Stewart, 1992).

Cela pose d'importantes difficultés pour l'équivalence entre vie et cognition.

Du point de vue du vivant, on ne peut plus parler d'adaptation à un environnement externe puisque c'est l'organisme qui définit le monde qui permet son existence. Soit le couplage structurel est viable, soit il fait sortir de la clôture opérationnelle et l'organisme disparaît. Tant que l'organisme se maintient c'est que le domaine de couplage qu'il définit reste propice à son existence. Il n'y a pas de plus ou de moins adapté, il n'y a pas de proximité plus ou moins grande avec les limites du domaine de viabilité « there is no room for accounting for the different shades of meaning which are constitutive of any organism's lived *Umwelt*. » (Froese & Di Paolo, 2011, p. 8). Il y a seulement un couplage factuel, précaire, sans retour de cette précarité vers la dynamique de l'autopoïèse⁶. L'adaptation est une tautologie et l'évolution est seulement une dérive (Maturana & Varela, 1987).

⁴ « the autopoietic unity creates a perspective from which the exterior is one, which cannot be confused with the physical surroundings as they appear to us as observers, the land of physical and chemical laws simpliciter, devoid of such perspectivism. » (Varela, 1997, p. 78).

⁵ Cognition « is not the representation of a pre-given world, but is, rather, the enactment or bringing forth of a world on the basis of history and the variety of effective actions that a being can perform » (Dupuy & Varela, 1992, p. 20).

⁶ « There is no room for concepts such as lacks, minor or major breakdowns in autopoiesis: either organization is conserved or it isn't – being partially autopoietic is senseless and any notion of the system being at risk of disintegrating would be a remark made by the external observer and plays no operational role. » (Di Paolo, 2005, p. 436).

Du point de vue de la cognition, on ne voit pas comment rendre compte d'un sense-making sans enjeux, sans finalité. Tom Froese et John Stewart remarquent que la définition de l'autopoïèse donnée par Maturana et Varela «*« is insufficient for grounding a lived perspective of concern (e.g., (Di Paolo, 2005), desire (e.g., (Barbaras, 2002), and thus of lived experience more generally. »* (Froese & Stewart, 2010). De même cette définition de l'autopoïèse ne permet pas de rendre compte d'activité normative comme l'adaptativité et l'orientation de l'action vers des buts (Barandiaran & Moreno, 2008; Bourguin & Stewart, 2004; Froese & Stewart, 2010)⁷.

Dans sa forme originale la théorie de l'autopoïèse est mécaniciste et anti-téléologique⁸, mais pour répondre à ce problème d'une explication de la valeur, Varela et Weber ont proposé en 2002 de rétablir une forme de « natural purpose » (Thompson, 2004). À partir d'une lecture d'Emmanuel Kant (*Critique of the Power of Judgment*, §64-65) et de Hans Jonas (Jonas & Jonas, 2001), ils affirment :

« In other words by putting at the center the autonomy of even the minimal cellular organism we inescapably find an intrinsic teleology in two complementary modes. First, a basic purpose in the maintenance of its own identity, an affirmation of life. Second, directly emerging from the aspect of concern to affirm life, a sense-creation purpose whence meaning comes to its surrounding, introducing a difference between environment (the physical impacts it receives), and world (how that environment is evaluated from the point of view established by maintaining an identity). »

Et un peu plus loin :

« The perspective of a challenged and self-affirming organism lays a new grid over the world: an ubiquitous scale of value. To have a world for an organism thus first and foremost means to have value which it brings forth by the very process of its identity » (Weber & Varela, 2002, p. 117).

Mais il nous semble que l'on passe ici sans explication de « être un enjeu » à « avoir un enjeu ». Certes, l'existence de l'organisme *est* un enjeu qui réalise une différence dans l'environnement physique entre ce qui le conserve et ce qui le ferait disparaître.⁹ Mais cela n'est pas là *avoir* un enjeu pour l'organisme lui-

⁷ « the concept of autopoiesis (or constitutive autonomy more generally) by itself allows no gradation – either a system belongs to the class of such systems or it does not » (Froese & Di Paolo, 2011, p. 8).

⁸ « Our approach will be mechanistic: no forces or principles will be adduced which are not found in the physical universe » (Maturana & Varela, 1980) « We maintain that living systems are machines [...] and, hence, that [their organization] can be explained as any organization is explained, that is, in terms of relations, not of component properties. » (Maturana & Varela, 1973, p. 76). Comme le reconnaît bien Di Paolo: « Central to the theory of autopoiesis is the axiom of structural determinism: changes of state in a system always operate in the present as a result of its current structure and are not determined by external agents or contextual conditions. » (Di Paolo, 2005, p. 434) « Living systems, as physical autopoietic machines, are purposeless systems » (Maturana & Varela, 1980, p. 86).

⁹ « This is because only mortal beings can be concerned about their existence and therefore value its continuation and realization. » (Froese & Stewart, 2012). « This process of meaning generation in relation to the concerned perspective of the autonomous system is what is meant by the notion of *sense-making*. » (Froese & Di Paolo, 2011)

même. On ne peut rendre compte d'un monde chargé de valeurs pour l'organisme tant que l'on n'explique pas comment différents possibles en jeu seraient présents pour lui. On peut bien admettre que la causalité circulaire de l'organisation autopoïétique définisse une fin interne (le maintien de son existence), mais le fait que le monde soit défini par le domaine de couplage ne suffit pas pour que soient énoncées des fins externes à poursuivre. À chaque instant l'organisme est dans un état structurel unique, emporté dans une trajectoire particulière dans son domaine de couplage. On peut décrire des comportements apparemment finalisés d'un système déterministe via un mécanisme de régulation (c'est le grand apport de la cybernétique (Rosenblueth *et al.*, 1943)), mais cette finalité n'est visible que du point de vue d'un observateur extérieur qui reconnaît un état final (un attracteur) dans l'espace des états possibles du système dynamique. Si l'on veut qu'il y ait finalité du point de vue de l'organisme, il faut que soit présent, pour lui, un fond de possibles dans lequel pourraient se détacher des buts. Proposer une explication de ce champ de possible pour l'organisme est une condition nécessaire pour prétendre à une naturalisation de l'expérience perceptive, ou du moins pour proposer des répondants objectifs de l'expérience phénoménologique.

Dès lors, si l'on ne veut pas abandonner l'équivalence entre vie et cognition on peut, soit modifier la définition de l'autopoïèse, soit ajouter d'autres propriétés pour définir le vivant.

Ainsi (Bourgine & Stewart, 2004) modifient la définition de l'autopoïèse pour ajouter que les changements structurels doivent contribuer à maintenir la viabilité de l'organisme. L'organisation « will not be cognitive unless the consequences for the internal state of the system are employed to trigger specific actions that promote the viability of the system. » (Bourgine & Stewart, 2004 ; Bitbol & Luisi, 2004)¹⁰. La dynamique de l'autopoïèse serait un processus d'individuation comme celui des structures dissipatives de la thermodynamique loin de l'équilibre (tourbillon, flamme de bougie), mais organisé de telle façon que l'organisme vivant exerce un contrôle sur les conditions aux limites pour que son processus d'individuation puisse se prolonger indéfiniment (Froese & Stewart, 2010 ; Stewart *et al.*, 2010).

Ou bien, comme Di Paolo (2005) on peut ajouter à l'autopoïèse un mécanisme complémentaire, en l'occurrence, l'adaptativité : « However, in order for an autopoietic system to actively improve its current situation, it must (i) be capable of determining how the ongoing structural changes are shaping its trajectory within the viability set, and (ii) have the capacity to regulate the conditions of this trajectory appropriately. These two criteria are provided by the property of *adaptivity*. » (Froese & Di Paolo, 2011 : 8).

Cet ajout de l'adaptativité serait nécessaire pour que l'on puisse parler de cognition et de sense-making¹¹. Cependant, avant de résoudre la question de

¹⁰ « An autopoietic system is a network of processes that produces the components that reproduce the network, and that also regulates the boundary conditions necessary for its ongoing existence as a network. » (Bourgine & Stewart, 2004, p. 337).

¹¹ « Cognition is the regulated sensorimotor coupling between a cognitive agent and its environment, where the regulation is aimed at aspects of the coupling itself so that it constitutes an emergent autonomous organization in the domains of internal and relational dynamics, without destroying in the

l'origine des critères d'une évaluation, il faut expliquer la capacité d'évaluation elle-même, c'est-à-dire rendre compte d'une forme de séparation entre l'instance qui évalue, et les possibilités qui pourraient se réaliser. Si non, si les changements structurels étaient simplement directement déterminés dans la trajectoire du couplage, l'adaptativité ne pourrait avoir de sens que pour un observateur extérieur qui aurait accès aux autres trajectoires qui auraient été possibles. Elle ne pourrait pas être mobilisées pour le sense-making individuel.

Il nous semble donc que finalité, adaptativité et sense-making, présupposent de rendre compte d'une forme d'extériorité des objets et événements dans un champ de possibles : il n'y a pas de finalité sans la possibilité que le but soit ou non atteint ; il n'y a pas d'adaptativité sans anticipation de dangers possibles qui ne sont pas réalisés, il n'y a pas de valeur et de sens sans ces enjeux possibles. Il faut donc tenter de rendre compte de la constitution d'une distance, que ce soit une distance spatiale, temporelle, ou dans un champ de possibles plus abstrait. Nous nous tiendrons ici au cas exemplaire de la distance spatiale.

Pour cela, nous proposons une autre perspective sur l'équivalence entre vie et cognition, sans modifier la définition originaire de l'autopoïèse ou ajouter des mécanismes supplémentaires, mais en considérant les interactions interindividuelles. Nous prétendons qu'il y a alors une piste pour comprendre la constitution d'une extériorité tout en restant dans le cadre de la clôture organisationnelle et du domaine de couplage individuel. Nous procéderons en deux étapes. Dans la première, nous montrerons l'intérêt et les limites d'une approche individuelle, sensorimotrice, de la perception de la distance. Dans la seconde, nous pourrions présenter une approche interactionniste nouvelle à partir du croisement perceptif et de la rupture de réciprocité.

3 – SOLUTION INDIVIDUALISTE SENSORIMOTRICE DE LA PERCEPTION DE LA DISTANCE

Pour décrire la perception de la position d'un objet à distance, on parle classiquement d'attribution distale c'est-à-dire de la capacité d'attribuer la cause de nos sensations proximales à un objet extérieur distant¹². Cependant, poser la question en ces termes nous semble maladroit puisqu'ils supposent de disposer d'abord des représentations de données sensorielles et d'objets extérieurs pour ensuite découvrir une relation causale entre elles. L'expérience de l'extériorité, de la distance ou de la proximité, nous semble plutôt devoir se réaliser à même la perception et non pas dans des raisonnements à partir de connaissances perceptives. Plutôt qu'une explication de la perception par la représentation interne du monde extérieur, nous nous inscrivons dans une approche énaïve pour laquelle les objets de la perception devraient correspondre à des invariants dans le couplage entre l'organisme et son environnement. Kevin O'Regan et Alva Noe ont appelés « loi de contingence sensorimotrice » ces règles

process the agency of that agent (though the latter's scope can be augmented or reduced). » (Froese & Di Paolo, 2011, p. 18).

¹² « ... "externalisation" or "distal attribution," is this-that most of our perceptual experience, though originating with stimulation of our sense organs, is referred to external space beyond the limits of the sensory organs. » (Loomis, 1992, p. 113)

d'interactions (O'Regan & Noë, 2001).¹³ Pour donner une base empirique précise à cette explication de la perception de la distance, les systèmes dit de substitution sensorielle semble offrir une excellente opportunité. En effet, ces systèmes développés pour l'aide aux personnes souffrant d'une déficience sensorielle, permettent de suivre, chez l'adulte, l'apprentissage d'une nouvelle capacité perceptive (Auvray & Myin, 2009 ; Lenay *et al.*, 2003). Par exemple, le Tactile Vision Substitution System (TVSS) de Paul Bach y Rita se propose de donner aux personnes aveugles un accès au monde visuel via le sens tactile. Les images captées par une caméra sont converties en stimuli tactiles sur une matrice de 400 picots électroniques. Lors de l'apprentissage de l'usage de ce dispositif on peut suivre le passage depuis les premiers usages où il n'y a que la perception des stimuli proximaux sur la peau, à une maîtrise du dispositif qui permet la perception d'objets à distance (White *et al.*, 1970). Pour analyser ce passage, nous avons développé un dispositif expérimental, le Distal Glove dont l'objectif était de réaliser le système le plus simple possible donnant lieu à la perception d'un objet à distance (Lenay *et al.*, 1997). Ce dispositif consiste en une simple cellule photosensible placée sur le doigt, connectée à un unique stimulateur tactile (un petit vibreur) tenu dans l'autre main. Quand la lumière captée par la cellule passe un seuil, le stimulateur tactile est activé (Figure 1).

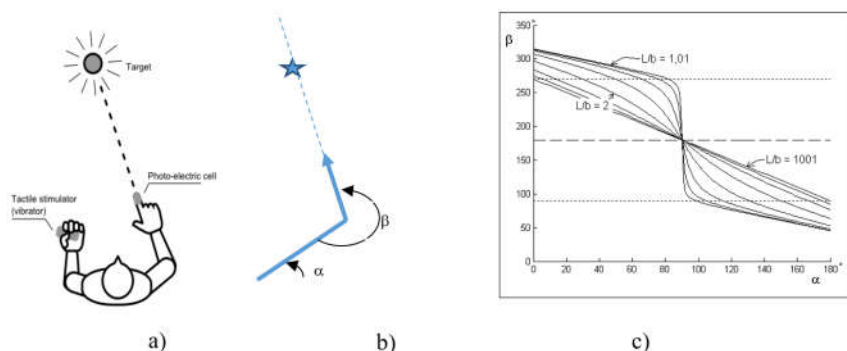


Figure 1

Tableau de bord individuel de Pco-Vision (Michel *et al.*, 2012)

a) Visual Glove : une cellule photoélectrique placée sur l'index commande l'activation d'un stimulateur tactile (cellule piézoélectrique) placé dans l'autre main. b) La direction et la distance peuvent être évaluées par triangulation suivant différentes positions de l'index qui pointe la cible. c) En simplifiant le répertoire des actions à une rotation α du bras autour de l'épaule, et une rotation β de la main au bout du bras, on peut donner précisément la loi de contingence sensorimotrice, c'est-à-dire ici la loi de pointage sur la cible pour différentes distances L (et une longueur de bras b).

On construit ainsi un domaine de couplage bien contrôlé qui permet de comprendre comment les contenus perceptifs peuvent-être constitués. La médiation d'un dispositif technique comme le Distal Glove permet de définir précisément les répertoires de sensations (perturbations) et d'actions

¹³ « ...experience derives not from sensation itself, but from the rules that govern action-related changes in sensory input, » (O'Regan & Noë, 2001, p. 956)

(changements structurels) pour observer les dynamiques de couplage qui peuvent alors se mettre en place. Des sujets humains sont équipés en réduisant autant que possible leurs autres possibilités d'action et de sensation (ils ont les yeux bandés, et portent un casque audio qui distribue les consignes et renforce leur isolement). On peut alors d'une part, observer et analyser en troisième personne les stratégies plus ou moins complexes qu'ils proposent pour lier leurs actions à leurs sensations, et d'autre part, décrire en première personne leur expérience vécue à travers l'usage du dispositif (Lenay & Sebbah, 2001).

Ici, le dispositif expérimental vise à réduire le domaine de couplage des sujets à sa plus simple expression : il y a seulement deux perturbations possibles, l'absence ou la présence de la stimulation tactile en tout ou rien, et le répertoire des actions est celui des mouvements du capteur. Ces mouvements correspondent aux déplacements par translation et rotation d'un champ récepteur qui a la forme d'un tube (ou un cône étroit) infini devant le capteur placé sur l'index. Quand ce champ récepteur croise une cible lumineuse une stimulation sensorielle est déclenchée.

Au départ, les sujets yeux bandés ne perçoivent qu'une succession de stimuli qui semblent liés à leurs mouvements. Mais, après quelques minutes d'usage, ils commencent à percevoir la direction et la distance d'une cible placée devant eux. Ils ne font plus attention à ces stimuli sur leur peau pour plutôt percevoir un objet existant à une certaine distance devant eux.

Nous voulons donc comprendre cette bascule dans l'expérience perceptive, qui commence avec une série d'événements proximaux – les sensations tactiles – pour ensuite se transformer en la perception d'objets séparés du corps dans un espace distal. Une des clés de cette bascule est l'activité du sujet. Il lui faut avancer son point de vue (la position du capteur) dans l'espace pour pouvoir réaliser la triangulation qui détermine la distance de l'objet. Nous avons appelé « Externalisme Enactif » cette conception de la perception par un engagement corporel dans l'espace d'action et de perception (Lenay & Steiner, 2010).

Par ses actions le sujet cherche à maîtriser une règle régulière reliant les mouvements du capteur (ici la cellule photosensible) et les retours sensoriels (les stimuli tactiles). Ces actions correspondent aux rotations et translations du champ récepteur dans l'espace même où se situe la cible. La perception de la position d'un objet à distance se réalise lorsqu'il y a maîtrise d'une loi de pointage, c'est-à-dire une « loi de contingence sensorimotrice » qui permet de viser cet objet depuis une infinité de points de vue différents. La perception des différentes directions et distances de la cible correspond à la maîtrise des différentes lois de couplage sensorimoteur qui leurs correspondent (Hanneton *et al.*, 2003).

Comme pour la perception visuelle, le point de vue, la position à partir de laquelle l'objet est perçu, est alors spatialement distinct de la position distale de l'objet. Dans la vision ordinaire, quand on perçoit un objet stable à une certaine distance devant soi grâce à nos mouvements oculaires, nous n'avons aucune conscience, ni de ces saccades oculaires, ni des stimulations variables sur notre rétine. Nous sommes seulement conscients de la position de l'objet par rapport à nous et de notre position comme point de vue sur cet objet. De même ici, il n'y a perception distale que quand le sujet ne fait plus attention aux stimulations tactiles.

La bascule du proximal au distal semble donc pouvoir se comprendre par un changement de type de règle liant actions et retours sensoriels. Pour la perception proximale du toucher, la règle générale est celle d'une coïncidence spatiale entre le point d'action (la position du capteur) et la position de l'objet perçu. Au contraire, dans le cas de la perception distale la règle associe un nombre infini de positions possibles (de positions du capteur) pour une même position de l'objet. Chaque position distale est déterminée par une règle qui spécifie l'ensemble des points de vue possibles sur elle. La dualité entre la règle générale et les faits particuliers qui lui obéissent correspond à la dualité entre la position de l'objet et les positions du point de vue.

Cependant, différentes études empiriques et un argument théorique général montrent que cette approche sensorimotrice ne suffit pas pour rendre compte du détachement d'un objet là-bas dans un espace perceptif.

Sur le plan empirique, plusieurs expériences ont été menées pour savoir si des sujets yeux bandés, n'ayant aucune information sur le dispositif qu'ils utilisaient, un TVSS, réussissaient à comprendre qu'il leur donnait accès à une perception distale. Le résultat le plus frappant de l'expérience de Epstein *et al.* (1986) est que les sujets réussissent à découvrir et maîtriser des relations régulières entre leurs actions et les retours sensoriels qu'elles provoquent, sans pour autant envisager que ces relations correspondent à la perception d'un objet à distance. La perception reste celle des variations de données proximales, sans qu'apparaisse une bascule vers la perception d'un objet distal. Cette étude a été reprise avec un système de substitution sensorielle transformant les données visuelles en stimuli audio. Les résultats obtenus ont été les mêmes (Auvray *et al.*, 2005). La seule condition expérimentale qui permet d'observer une augmentation significative de la compréhension de la perception distale est la situation où l'on donne au sujet un cache (un carton) qu'il peut déplacer devant lui ce qui lui permet d'interrompre les stimuli sensoriels. Cependant, on doit admettre que c'est accorder au sujet un indice important sur une séparation de la cause des stimuli sensoriels. Si la bascule de la perception du proximal au distal fonctionne bien avec les dispositifs de substitution sensorielle, c'est certainement parce que les sujets savent déjà que des objets perceptibles sont présents à distance et qu'on leur explique que le dispositif est dédié à cette perception. De même, Siegle et Warren ont repris l'expérience minimaliste du Distal Glove, pour montrer que la perception d'un objet à distance, ne se réalisait correctement que si l'on orientait l'attention du sujet vers un objet distal et non pas vers la proprioception de ses mouvements (Siegle & Warren, 2010). Certaines expériences d'introduction précoce, auprès de nouveaux nés, de systèmes de substitution sensorielle visuo-auditif comme le Sonicguide ont montré des signes encourageant de perception distale, mais bien sûr cette perception se met alors en place dans le contexte d'interactions sociales (enfant/parents-expérimentateurs) sur lesquelles nous reviendrons (Ferrell, 1980).

Sur le plan théorique, rien dans une loi qui relie action et sensation, ne force à son interprétation comme perception distale. On le comprend bien en remarquant que l'explication mathématique que nous avons donnée plus haut réalise précisément la réfutation de ce qu'elle prétend démontrer ! En effet, si la détermination de la distance s'explique par une loi de contingence sensorimotrice, celle-ci doit pouvoir être représentée par une courbe dans

l'espace mathématique des actions possibles. C'est précisément ce que nous avons fait dans la Figure 1c avec l'espace (α, β) des rotations du bras et de la main. À chaque instant la position et l'orientation du capteur sont définies par un point et ses mouvements correspondent à une trajectoire dans cet espace. Quand cette trajectoire croise la courbe de la loi de contingence sensorimotrice, cela signifie que le capteur pointe la cible et qu'il y a donc un retour sensoriel. Nous savons que la courbe correspond à l'ensemble des points de vue possibles sur l'objet distal. Mais maintenant que nous lisons cette courbe c'est en tant que forme dans l'espace bidimensionnel d'une page. On peut bien considérer qu'on l'explore de façon tactile, comme le ferait une personne aveugle avec un doigt sur un papier thermoformé, où encore comme si on explorait cet espace par les déplacements (x, y) d'une souris d'ordinateur commandant un curseur tel qu'il renvoie un stimulus sensoriel à chaque fois qu'il croise la courbe. La maîtrise de la loi de contingence sensorimotrice d'une perception distale peut tout aussi bien être la maîtrise d'une loi d'exploration d'une forme proximale (Hanneton *et al.*, 1999 ; Gapenne *et al.*, 2003 ; Ziat *et al.*, 2007). La perception de la forme d'une courbe dans l'espace de description des actions peut toujours se substituer à la perception d'une distance.

Il n'y a donc pas de différence fonctionnelle entre l'espace distal dans lequel un point de vue se déplace à distance d'une cible, et l'espace proximal de la trajectoire du toucher d'une courbe. Ce sont simplement deux interprétations d'une même loi mathématique. Et donc, réciproquement, il n'y a pas de différence mathématique assignable, parmi les fonctions qui décrivent le comportement individuel, qui pourrait forcer l'interprétation proximale (la perception de la forme d'une courbe) ou l'interprétation distale (la perception de la position d'une cible). Il n'y a pas de différence mathématique... et pourtant toute la différence qui nous intéresse est là ! Il y a un abîme entre l'exploration tactile proximale avec un champ récepteur fini permettant de percevoir une forme et l'exploration visuelle distale avec un champ récepteur infini, permettant de localiser une cible à distance.

Pour rendre compte de la perception de la distance il faut donc ajouter quelque chose à la simple détermination d'une loi de contingence sensorimotrice, un autre ingrédient qui lui ajoute le sens d'une séparation dans la profondeur spatiale, un sens qui devrait relever de la valeur écologique de cette perception.

Or, il y a une importante différence entre les interactions proximales ou distales, une différence qui ne relève pas d'une différence de loi sensorimotrice individuelle : c'est la *réciprocité ou non* des perceptions dans une rencontre interindividuelle. Une perception proximale (tactile) est *nécessairement* réciproque. Je ne peux percevoir sans être perçu. Au contraire, une perception distale (visuelle) est seulement *possiblement* réciproque : je peux percevoir quelqu'un qui me perçoit, mais je peux aussi percevoir quelqu'un qui ne me perçoit pas, ou encore je peux être perçu sans le percevoir. La possibilité de l'absence de réciprocité permet de donner un sens à l'expérience de la distance en définissant un champ de possibles dans lequel le sujet peut s'avancer ou reculer ; dans lequel, suivant la distance, il y a plus ou moins de danger, plus ou moins de chances de réussite. La menace est d'autant plus grande qu'elle est proche ou la saisie d'autant plus difficile que l'objet est éloigné. Sans risques et

sans possibles, il n'y aurait que le simple couplage actuel, sans craintes et sans espoirs, juste ce qui est. Remarquons bien que ces risques, positifs ou négatifs, ne prennent sens que dans une relation avec d'autres sujets et objets qui eux-mêmes peuvent me percevoir, ... ou pas. L'existence d'une menace signifie que les choses que je perçois peuvent s'intéresser à moi en retour, me percevoir et m'affecter, ou bien me négliger et se laisser saisir. Le modèle de cette relation est le jeu de la chasse : craindre d'être vu sans voir, chercher à voir sans être vu, voir que l'on n'est pas vu, etc.

Notre hypothèse est donc que la séparation qui permet de construire l'extériorité procède d'une différence entre voir et être vu ; entre porter attention, et être l'objet de l'attention d'une autre instance percevante. Comprendre la non-réciprocité de la perception c'est comprendre que les autres peuvent ne pas faire attention à moi, même si je fais attention à eux. C'est une forme de séparation originaire, la séparation des autres. Ici notre hypothèse est que la séparation comme absence de l'attention d'autrui est plus fondamentale que la séparation spatiale et doit être utilisée pour comprendre sa constitution comme expérience de la distance. Notons d'ailleurs que cette question de la non-réciprocité perceptive est particulièrement importante dans le développement de l'enfant (Moll & Khalulyan, 2017 ; Reddy, 2003, 2000)¹⁴. Mais comment rendre compte de l'expérience vécue d'une non-réciprocité perceptive. Et, pour l'approche énactive que nous avons adoptée, comment répondre sans faire intervenir un niveau cognitif représentationnel ?

4 – APPROCHE INTERACTIONNISTE INTERINDIVIDUELLE

Pour étudier la constitution de la différence entre percevoir et être perçu, nous adopterons une approche interactionniste réduite aux interactions entre deux systèmes perceptifs. Tout d'abord, nous rappellerons les résultats d'une étude du croisement perceptif réciproque. Nous pourrions ensuite présenter quelques premiers résultats d'une nouvelle situation expérimentale où cette réciprocité est remise en question.

4.1 - Croisement perceptif réciproque

Nous appelons "croisement perceptif" toute situation où deux activités perceptives se rencontrent comme par exemple dans le toucher mutuel ou le croisement de regard. Pour étudier cette perception réciproque sous sa forme la plus simple possible nous avons mis en place avec John Stewart et Malika Auvray le paradigme expérimental minimaliste du croisement perceptif (Lenay & Stewart, 2012). Il faut s'y attarder quelque peu pour bien comprendre ensuite comment on pourra le perturber en introduisant de la non-réciprocité.

Deux participants sont placés dans des pièces différentes et ne peuvent interagir que via le dispositif. Chacun explore son domaine de couplage avec une souris d'ordinateur et reçoit des stimuli tactiles sur l'index de sa main libre. Le répertoire de ses actions est réduit aux déplacements gauche/droite d'un champ récepteur dans un espace unidimensionnel, et le répertoire des input

¹⁴ Nous ne discuterons pas ici les travaux de psychologie du développement et de psychologie sociale (Piaget, 1937 ; Wallon, 2020). Nous chercherons seulement à proposer un schème explicatif de la perception de la distance qui donne un rôle constitutif à la non-réciprocité perceptive.

sensoriels est réduit à l'activité en tout ou rien d'un système de stimulation tactile placé sous l'index de la main libre (picots d'une cellule piézoélectrique, le MIT « Module d'Interaction Tactile » (Lenay *et al.*, 2009)). Quand ce champ récepteur croise un objet (un pixel noir) un stimulus tactile est délivré. Tous les objets ont la même forme (segment de 4 pixels de large) et renvoient le même retour sensoriel quand le champ récepteur (4 pixels de large) les croise. Pour réaliser une rencontre entre deux participants, il faut mettre en place un croisement de leurs domaines de couplage.

D'une part, on doit doter chaque participant d'un corps-objet dans l'espace partagé, c'est-à-dire un corps que pourra percevoir l'autre participant (un corps pour autrui). Or, l'intuition qui a guidé la conception de ce protocole expérimental était que la présence du partenaire devait se reconnaître comme l'expérience de « voir qu'autrui me voit » (Gallagher, 2014). Le corps-objet de chaque participant doit donc être lié à son activité perceptive pour qu'il puisse être reconnu comme tel par l'autre participant. Ici, on définit un corps-objet comme un segment qui recouvre exactement le champ récepteur (4 pixels de large).

D'autre part, les corps percevant (les champs récepteurs) et les corps-objets des participants doivent partager un même espace unidimensionnel de déplacement et de rencontre. Quand le champ récepteur d'un participant touche le corps-objet de son partenaire, le champ récepteur de ce second participant touche le corps-objet du premier. C'est la situation d'un croisement perceptif parfait (Lenay *et al.*, 2006 ; Auvray *et al.*, 2009).

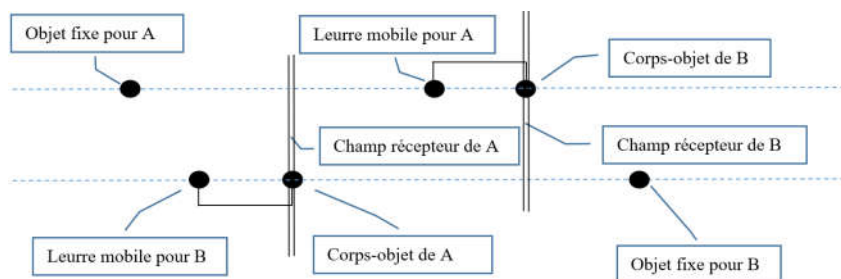


Figure 2

Paradigme du croisement perceptif : les déplacements des champs récepteurs des participants sont capturés dans un espace unidimensionnel qui boucle sur lui-même (arrivé à un bout il réapparaît à l'autre bout). Pour chacun trois objets sont présents : un objet fixe, le corps-objet du partenaire et un objet mobile (leurre mobile). Ici on a séparé les axes de déplacement des participants A et B. Ils se rencontrent néanmoins dans un même espace unidimensionnel parce que leur champ récepteur est une bande infinie orthogonale à leur axe de déplacement. Les différences de mouvements haut/bas ne peuvent produire aucune différence pour les sujets. Ils admettent d'ailleurs sans problème d'être immergés dans un espace à une seule dimension droite/gauche. Le leurre mobile est attaché au corps-objet du partenaire par un lien solide : il suit précisément tous ses déplacements à une distance de 50 pixels.

Pour chaque participant, on dispose trois types d'objet dans l'environnement : soit un objet fixe, soit un objet mobile, soit le corps-objet du

partenaire. Quand un participant touche le corps-objet de son partenaire, celui-ci le touche simultanément (ils reçoivent en même temps un stimulus). C'est le croisement perceptif. L'objectif est de savoir si les participants sont capables de reconnaître cette situation de perception réciproque en la discriminant de la perception d'un simple objet. Pour que la tâche ne soit pas trop facile l'objet mobile doit avoir un comportement aussi riche que celui du corps-objet du partenaire. Pour cela nous avons attaché cet objet à une distance constante du champ récepteur du partenaire (50 pixels). Par construction, cet objet mobile (appelé leurre mobile ou ombre) a exactement le même comportement que le corps-objet du partenaire. La seule différence est que quand le participant le touche (il reçoit un stimulus) mais son partenaire n'est pas lui-même touché (il ne reçoit pas de stimulus). Ainsi, dans ces conditions expérimentales qui éliminent tout autre indice, le partenaire ne peut se différencier du leurre mobile que par sa capacité à me percevoir. Pour vérifier si les participants étaient capables de reconnaître cette activité perceptive tournée vers eux, c'est-à-dire reconnaître la situation de croisement perceptif, nous leurs avons demandé de cliquer à chaque fois qu'ils pensaient rencontrer leur partenaire.

Le résultat très intéressant de cette expérience est d'abord que les participants réussissent collectivement cette tâche. Il y a beaucoup plus de clics sur le partenaire (63%) que sur l'objet fixe (15%) ou le leurre mobile (33%). Et, pourtant, à bien examiné les choses il semble que chaque participant ne fasse pas encore la distinction entre le partenaire et le leurre mobile ! En effet, au niveau individuel, il n'y a pas de différence significative de la probabilité de cliquer après une stimulation due à autrui qui me perçoit en même temps (0,40) ou après une stimulation due au leurre mobile (0,48). Le succès collectif peut simplement s'expliquer en remarquant que la rencontre du partenaire est bien plus fréquente (52%) que celle de l'objet mobile (15%) ou de l'objet fixe (33%) (Auvray *et al.*, 2009). La question devient donc d'expliquer comment les sujets font pour se retrouver avant de s'être reconnus. Ceci peut se comprendre en remarquant comment les trois types de rencontres se distinguent concrètement.

- Pour l'objet fixe, la détermination d'un invariant liant actions et sensations est rapide. Les sujets oscillent autour de la singularité sensorielle correspondant à cet objet et éventuellement s'arrêtent un moment sur elle.
- Pour le leurre mobile, la recherche d'un invariant sensorimoteur est quasi impossible parce qu'il se déplace trop rapidement, à la vitesse de l'exploration perceptive de mon partenaire.
- Mais dans le cas de la rencontre du corps-objet du partenaire, la recherche d'un tel invariant peut se réaliser partiellement tout en étant sans cesse contrariée puisqu'elle provoque un déplacement de l'objet qu'elle tente de déterminer. En effet, réciproquement, mon partenaire est lui aussi en train de tenter d'établir un invariant perceptif poursuivant donc mon propre corps-objet. Les participants se trouvent engagés dans une dynamique d'interaction suffisamment stable puisqu'ils cherchent à se percevoir l'un l'autre. On observe donc une accroche entre les activités perceptives des participants quand ils se rencontrent (Di Paolo, 2016).

Bilan, il est facile mais pas intéressant de maintenir une interaction stable avec l'objet fixe, il est quasi impossible de maintenir l'interaction avec le leurre

mobile, alors que la situation de perception mutuelle est intermédiaire. Dès lors, cliquer sur un objet qui n'est pas fixe suffit pour résoudre la tâche puisque la rencontre du corps-objet du partenaire est plus fréquente que celle du leurre mobile. La résolution de la tâche est donc d'abord une propriété émergente de la dynamique collective et non pas le produit d'une reconnaissance individuelle d'autrui (Di Paolo *et al.*, 2008 ; Froese & Di Paolo, 2011 ; Izuka & Paolo, 2007 ; Lenay *et al.*, 2011 ; Michael & Overgaard, 2012). La réciprocité interne de la dynamique collective entraîne chacun dans une accroche avec son partenaire mais de façon non intentionnelle puisqu'il ne dispose pas de la capacité individuelle de distinguer les stimuli dus au partenaire et ceux dus au leur mobile.

Notons bien que la causalité par laquelle la réciprocité du croisement perceptif affecte le comportement individuel est une *causalité indirecte*. Le comportement individuel ne dépend pas directement de ce qui est perçu mais du fait d'être perçu. Autrement dit, l'effet de la réciprocité sur la dynamique perceptive du participant ne dépend pas d'abord de ce qu'il sent (des stimuli qu'il reçoit) mais du fait qu'il soit senti (qu'il soit source de stimuli pour son partenaire). Le fait que le participant soit senti affecte l'activité perceptive de son partenaire et donc le comportement de son corps-objet, ce qui dès lors peut indirectement affecter ce participant puisque le corps-objet de son partenaire appartient bien à son domaine de couplage.

Par ailleurs, (Froese *et al.*, 2014) ont montré que l'on pouvait tout de même obtenir une reconnaissance individuelle du partenaire si l'on engageait les sujets à collaborer pour réussir la tâche (Vallée *et al.*, 2016), et si on leur demandait de n'effectuer qu'un seul clic en fin de chaque session. La probabilité individuelle de cliquer à la suite d'un stimulus dû au partenaire devient alors significativement supérieure à celle de cliquer après un stimulus dû au leurre mobile. Il semble que les participants se révèlent capables de se servir de l'accroche de leurs activités perceptives pour élaborer des stratégies d'action conjointe : les interactions se structurent pour donner lieu à une alternance entre des moments de passivité et d'activité de l'un ou de l'autre dans un tour de parole (turn-taking). Il semble alors que l'indice le plus important pour susciter le clic d'un sujet soit de recevoir une série de stimuli tout en restant passif, c'est-à-dire immobile par rapport au partenaire (Kojima *et al.*, 2017). Remarquons que cela suppose la capacité individuelle de distinguer activité et passivité, c'est-à-dire distinguer les variations sensorielles qui dépendent de soi et les variations qui dépendent de changements externes alors attribuables à l'attention perceptive d'autrui (Froese *et al.*, 2014a). Pour cela les sujets doivent savoir ne pas être source des variations sensorielles qu'ils subissent, c'est-à-dire savoir se présenter comme un objet immobile relativement à leur environnement et en particulier relativement au partenaire. On admet ici une forme de connaissance préalable de l'immobilité qui est transférée sur le dispositif : tenir sa souris immobile serait avoir un champ récepteur immobile dans l'espace d'interaction (ce qui d'ailleurs suivant le dispositif pourrait être faux). Mais la capacité de se savoir être immobile par rapport au monde et aux autres est à expliquer si l'on ne veut pas se donner d'avance la différence entre soi et le monde, entre causalité interne et causalité externe. En effet, la passivité comme immobilité n'a de sens

que relativement aux objets dans l'espace perceptif. Elle présuppose l'extériorité puisqu'elle se définit relativement à elle.

Les conditions expérimentales de ce paradigme classique du croisement perceptif ne fournissent pas les éléments pour que se constitue la différence entre voir et être vu puisque, au contraire, par construction, la réciprocité y est nécessaire. On ne peut pas toucher son partenaire sans être touché par lui. Nous proposons donc d'introduire un biais minimal qui permettra de sortir de cette réciprocité.

4.2 – CROISEMENT PERCEPTIF BIAISÉ

Notre hypothèse générale est que l'expérience d'une extériorité spatiale ne peut prendre sens que par la différence entre percevoir un objet et être objet de perception, c'est-à-dire par l'absence de réciprocité entre différentes activités perceptives. Il faut donc être particulièrement attentif à la différence des domaines de couplage de différentes unités autonomes. Comme on l'a rappelé, l'unité autonome n'est pas enfermée spatialement en elle-même. C'est un système ouvert qui ne peut se maintenir que par les flux de matière et d'énergie qui le traversent. Mais elle ne maintient son existence qu'à l'intérieur d'une clôture opérationnelle qui définit un domaine de couplage qui lui est propre. Chaque unité autonome se réalise par une clôture opérationnelle différente qui définit un domaine de couplage spécifique, ce qui, on vient de le voir, n'empêche pas que ces domaines de couplage puissent se croiser à travers la présence des corps-objets des partenaires.

Pour étudier une situation où la réciprocité perceptive n'est plus nécessaire, nous proposons une étude expérimentale dont nous présenterons ici quelques résultats préliminaires (de nouvelles sessions expérimentales sont en cours en vue d'une publication de synthèse dans une revue de psychologie expérimentale). Nous avons repris les conditions minimalistes expliquées plus haut mais en introduisant un biais entre les espaces unidimensionnels individuels. Pour décrire ce nouveau dispositif expérimental, il est important de bien distinguer entre les domaines de couplage individuels et le domaine de rencontre interindividuel. Pour chacun, comme plus haut, son domaine de couplage reste formé d'un espace d'action unidimensionnel. Mais maintenant, pour l'observateur extérieur, les repères des domaines d'interaction des deux participants ne sont plus alignés mais forment entre eux un angle fixe (ici 15 degrés). Nous appellerons centre de l'espace de rencontre (CES, Center of Encounter Space) le point d'intersection des deux axes. Et, pour que la rencontre entre les participants puisse avoir lieu à distance, on considère que leur champ récepteur est une bande infinie perpendiculaire à leur axe de déplacement. Ces changements sont invisibles pour chaque participant qui se déplace toujours de droite à gauche sur son axe. Excepté ce biais, les conditions expérimentales sont exactement les mêmes que plus haut pour le croisement perceptif classique. Cependant, nous allons voir que la dynamique d'interaction est changée.

En introduisant ce simple biais dans l'espace de rencontre, on fait apparaître trois régions différentes suivant la distance au point d'intersection des espaces d'action (CES) (Figure 3).

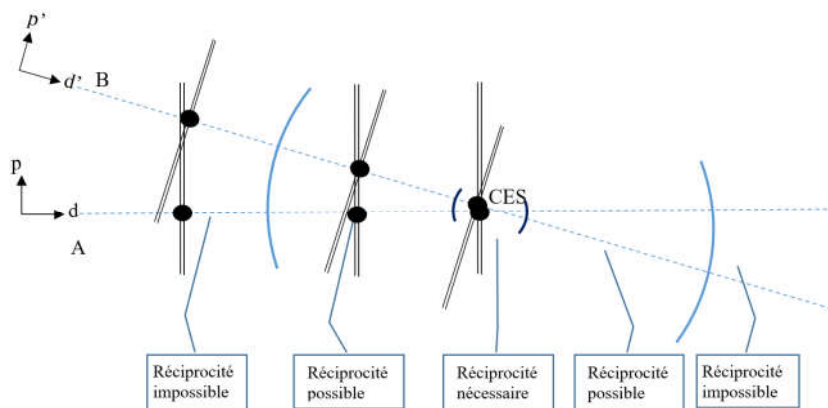


Figure 3
Croisement perceptif biaisé

Chaque participant ne peut se déplacer que sur son axe d (respectivement d') horizontal pour lui. Pour l'observateur extérieur, ces axes de déplacement forment entre eux un angle de 15° dans un espace de rencontre. Chaque participant est défini par un corps-objet et un champ récepteur infini perpendiculaire à l'axe de déplacement. Il n'y a ni objet fixe, ni autre objet mobile que le corps-objet du partenaire. Dans la région centrale (parenthèses bleu foncé), près du point de croisement entre les deux axes (CES), quand le champ récepteur d'un participant rencontre le corps-objet de l'autre participant, le champ récepteur de ce second participant rencontre *nécessairement* le corps-objet du premier. Dans une région plus éloignée du CES (parenthèses bleu clair), quand le champ récepteur d'un participant rencontre le corps-objet de l'autre participant, il est seulement *possible* que le champ récepteur de ce second participant rencontre le corps-objet du premier. Dans la région la plus éloignée du CES (au-delà, de part et d'autre des parenthèses bleu clair), quand le champ récepteur d'un participant rencontre le corps-objet de l'autre participant, il est *impossible* que le champ récepteur de ce second participant rencontre le corps-objet du premier.

- Tout d'abord, dans la région centrale de l'espace de rencontre (CES), la réciprocité est nécessaire : si un participant rencontre son partenaire il est nécessairement perçu par lui. C'est un mode d'interaction proximale comme dans le toucher où il est impossible de toucher sans être touché.
- Ensuite, plus loin de part et d'autre du CES, la non-réciprocité devient possible et donc la réciprocité aussi devient seulement possible : si un participant rencontre son partenaire, il est possible qu'il ne soit pas perçu par lui. C'est un mode d'interaction distale comme pour la vision où il est à la fois possible que nous voyions sans être vu ou que nos regards se croisent.
- Et finalement, suffisamment loin du CES, la réciprocité devient impossible : si un participant rencontre son partenaire il devient impossible qu'il soit en même temps perçu par lui.

La possibilité de réciprocité des sensations, c'est-à-dire la probabilité que les participants reçoivent en même temps une sensation, diminue linéairement avec la distance au CES. Il est facile de déterminer géométriquement cette probabilité pour une distance donnée du partenaire relativement au CES (si on admet une équiprobabilité spatiale) : on mesure la proportion des positions où le participant

serait perçu par son partenaire parmi les positions où il pourrait le percevoir (Figure 4).

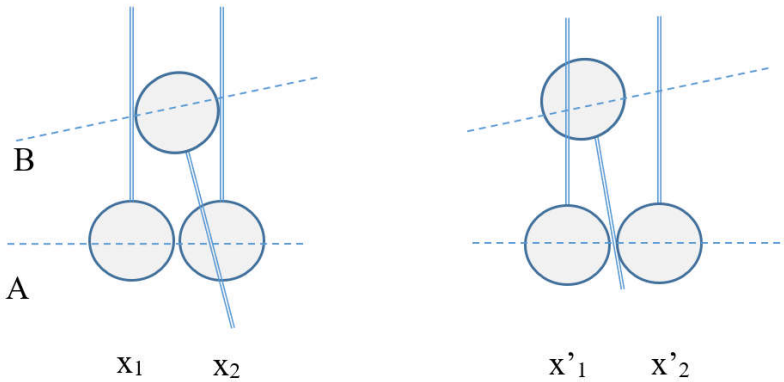


Figure 4

Dans cette situation particulièrement simple, pour une distance donnée du participant B relativement au CES, l'observateur extérieur peut mesurer :

- les positions possibles du participant A pour lesquelles il reçoit une sensation : $x_2 - x_1$
- les positions possibles du participant A pour lesquelles le participant B reçoit une sensation : $x'_2 - x'_1$

Si l'observateur extérieur admet une uniformité (équiprobabilité spatiale des positions) il peut alors déterminer la probabilité de réciprocité d'une sensation du participant A pour une distance de B par rapport au CES. C'est la portion des positions où A est perçu dans l'ensemble des positions où il perçoit B : $(x_2 - x'_1)/(x_2 - x_1)$.

La possibilité de réciprocité ainsi définie appartient à l'espace de description de l'observateur extérieur et correspond au rapport géométrique d'une probabilité objective. On peut ainsi déterminer la frontière de la région « visuelle » de réciprocité possible quand la possibilité de réciprocité immobile devient nulle. Par exemple, pour un champ récepteur de 4 unités de large, un corps-objet de 40 unités de diamètre, et un biais de 15° , on trouve que cette frontière est à 645 unités de part et d'autre du CES. Au-delà, il ne peut plus y avoir de croisement perceptif réciproque immobile.

Ainsi, les distances des partenaires dans l'espace de rencontre correspondent à une possibilité de réciprocité plus ou moins grande. Nous conserverons le terme de possibilité plutôt que celui de probabilité parce que la réciprocité de l'attention d'autrui obéit certainement à une multitude d'autres conditions indépendantes de la distance calculable qui nous intéresse ici. Nous faisons cependant l'hypothèse qu'au milieu de ces multiples conditions, la distance, inaccessible du point d'un vue individuel solitaire, aura cependant indirectement un effet sur la dynamique individuelle à travers l'interaction interindividuelle.

Expérience et résultats

Nous ne présentons ici que des résultats partiels utiles à notre discussion. Huit paires de participants sont installés dans deux salles séparées et ne peuvent interagir que via le dispositif. On leur demande de se retrouver et de se déplacer

ensemble sur la plus grande distance possible (le seul objet présent est le corps-objet du partenaire). On leur dit qu'ils peuvent changer de direction dès lors qu'ils restent ensemble (on les prévient aussi que l'on considérera qu'ils sont ensemble avec leur partenaire que s'il y a un écart de moins de deux secondes entre deux stimuli sensoriels). Nous ne présenterons ici que les résultats des premières et dernières sessions de cette expérience préliminaire. La première session est constituée de 4 essais de 90 secondes. Puis, après 25 minutes d'interaction (différentes tâches de repérage d'objets fixes et de guidage mutuel), les participants effectuent une dernière session de 4 essais de 90 secondes. A aucun moment il n'est fait de retour aux sujets sur leur performance.

Le résultat le plus intéressant à retenir ici, est l'existence d'un point d'attraction pour les déplacements des deux sujets qui se situe au point d'intersection de leurs espaces d'interaction individuels (CES). Pour le mettre en évidence, on regarde la vitesse moyenne des participants (pour les périodes où ils réussissent à se déplacer ensemble) en fonction de leur distance au CES (sur des fenêtres de 40 unités) (Figure 5).

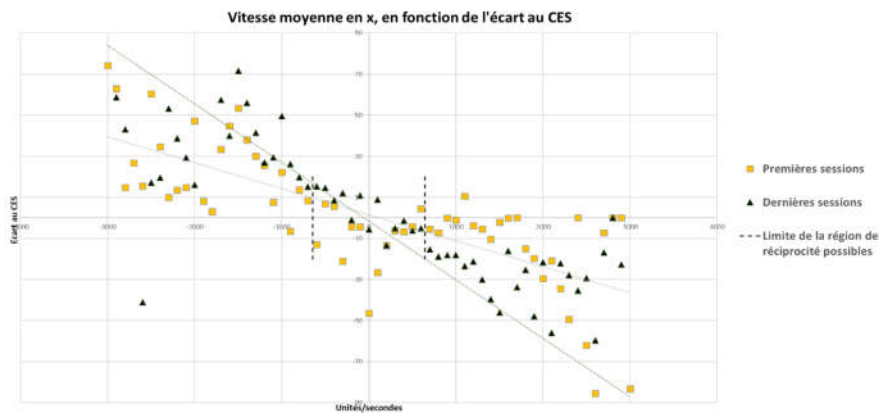


Figure 5

On regarde les vitesses moyennes des participants sur leur axe de déplacement pour différentes distances au CES quand ils sont en séquence d'interaction : nous disons qu'il y a séquence d'interaction s'il s'écoule moins de 2 secondes entre deux stimuli (les vitesses sont calculées sur des intervalles de deux secondes). Les petits carrés correspondent aux vitesses moyennes pour les premières sessions pour les différents binômes suivant la distance au CES (corrélation -0.59). Les petits triangles correspondent aux mêmes mesures pour les dernières sessions (corrélation - 0.84).

On voit que la vitesse moyenne varie suivant l'écart au CES. Quand les participants sont à gauche du CES, ils ont tendance à se déplacer vers la droite (vitesse positive), et quand ils sont à sa droite, ils ont tendance à se déplacer vers la gauche (vitesse négative). Il y a une corrélation très nette entre les vitesses moyennes et l'écart au CES, corrélation qui disparaît au-delà de la frontière de la région de réciprocité possible.

Discussion

La recherche mutuelle d'un croisement perceptif conduit les participants à se rapprocher du centre de l'espace de rencontre (CES) même si celui-ci ne correspond à aucune différence directement perceptible dans l'espace perceptif individuel. Si les participants tentent de s'en éloigner, on observe que le mouvement collectif devient de plus en plus difficile jusqu'au point où il devient pratiquement impossible. Ils tendent donc à se déplacer d'une région où la réciprocité est difficile vers une région où elle est de plus en plus probable jusqu'à rejoindre le point d'attraction où la réciprocité est nécessaire (Fig. 6)¹⁵. Dans les conditions de cette expérience, la dynamique émergente est essentiellement collective puisqu'elle dépend d'une variable, la distance entre les participants, qu'ils ne peuvent pas déterminer dans leur espace de couplage individuel. Pourtant, suivant cette distance, il y a une orientation des déplacements individuels. Et en retour, ces déplacements produisent une modification de cette distance.

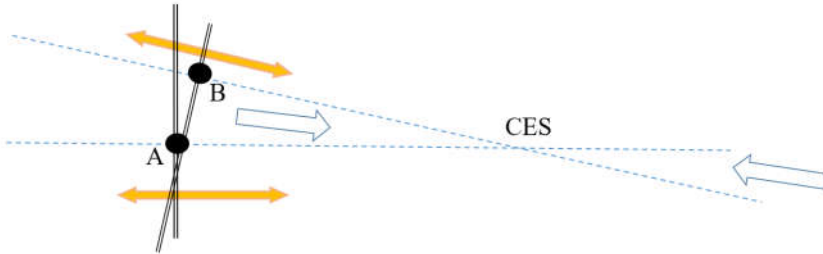


Figure 6

Si le participant A cherche à percevoir le corps-objet du participant B, il devra réaliser un balayage (double flèche orange) qui l'entraînera vers la droite. De même, le participant B devra lui aussi se déplacer vers la droite pour effectuer un balayage autour du corps-objet du participant A. Les participants se trouvent donc entraînés dans un déplacement commun vers le point d'intersection de leur axe de déplacement (CES). Passé ce point la même logique s'inverse et les participants seront plutôt entraînés dans un mouvement vers la gauche. Ainsi, le CES est un point d'attraction de la dynamique d'interaction

Plus haut, nous avons posé que la séparation devait se constituer à partir de la non-réciprocité. L'étude expérimentale semble bien montrer une situation où une dynamique collective émergente dépend de la possibilité de non-réciprocité. Voyons si cela permet de rendre compte de l'expérience d'une séparation dans la distance.

Dans nos conditions expérimentales, pour chaque participant les changements de distance du corps objet du partenaire ne peuvent provoquer aucune différence sensible et donc ne peuvent pas être différenciés suivant des lois de la dynamique sensorimotrice individuelle. Cependant, dans l'espace de rencontre (espace de description de l'observateur extérieur) cette distance

¹⁵ La question de savoir si le CES peut être considéré comme un « attracteur » au sens précis du terme dans la dynamique des systèmes complexes reste à décider suivant les modèles de la dynamique collective que l'on pourrait proposer.

influence la possibilité de réciprocité de perception des participants. Et cette possibilité de réciprocité a indirectement un effet sur les dynamiques individuelles. Comme plus haut, dans la causalité indirecte du croisement perceptif réciproque (4.1.) la dynamique collective entraîne chacun dans ses déplacements, mais de façon non intentionnelle puisqu'il ne dispose pas de la capacité de distinguer les distances.

Cet effet de la distance entre les sujets ne peut être non plus, le résultat d'une reconnaissance individuelle de la non-réciprocité en tant que telle. Il serait d'ailleurs bien difficile pour un sujet de reconnaître la non-réciprocité lors de la rencontre du corps-objet de son partenaire, dans la mesure où il reconnaît le corps-objet du partenaire justement par la réciprocité du croisement perceptif. Cependant, dans la mesure où chacun cherche à rencontrer le corps-objet de son partenaire il réussit d'autant mieux que celui-ci le perçoit en retour, c'est-à-dire d'autant mieux qu'il y a réciprocité. Le fait que cette réciprocité ne soit pas assurée mais seulement possible provoque cette tendance à aller dans la direction qui l'augmente. Il faut insister ici sur ce point. L'effet observé ne s'explique pas par une réciprocité factuelle ou par son absence. Il est plutôt produit précisément par la *possibilité* de la réciprocité (la probabilité d'être perçu par son partenaire quand on le perçoit). Ce qui explique l'attraction, ce n'est pas la réciprocité, c'est bien seulement la variation de la *possibilité* de la réciprocité.

La possibilité de réciprocité est une cause indirecte et ses effets dans le domaine de couplage individuel ne se distinguent pas comme des perturbations particulières, mais plutôt comme des orientations dans l'histoire du couplage. La possibilité de réciprocité conduit les participants vers le renforcement de cette possibilité jusqu'au point où ils se rejoignent, c'est-à-dire jusqu'à trouver le contact proximal où la réciprocité devient nécessaire (le point de croisement des domaines de couplage dans l'espace de l'observateur). On observe donc sur le plan collectif l'émergence d'une relation entre la possibilité de réciprocité et des déplacements qui modifient cette possibilité de réciprocité. La possibilité *de facto* d'une non réciprocité se révèle comme une cause qui vient affecter les comportements individuels.

Du point de vue de l'observateur extérieur, on voit que la dynamique collective dépend de la distance, et qu'elle a pour effet des actions des sujets qui tendent à diminuer cette distance (s'ils ont pour objectif de se suivre). Pour l'observateur extérieur, c'est la distance entre les participants qui permet de calculer la probabilité de réciprocité de leurs sensations. Mais si l'on prend le point de vue d'un participant, il faut plutôt renverser cette inférence et partir de la possibilité de réciprocité pour tenter de construire une forme de distance entendue comme séparation dans un champ de possibles.

Pour chaque sujet, la séparation de son partenaire correspond à une perte de contrôle sur son attention. Au centre de l'espace de rencontre, l'interaction est proximale : si je fais attention à mon partenaire, il est obligé de faire attention à moi. Mais quand je m'éloigne du CES, les interactions commencent à devenir distales : quand je fais attention à mon partenaire, rien ne m'assure qu'il fasse attention à moi. La séparation est définie ici comme une perte de maîtrise sur l'attention d'autrui (avant de définir une grandeur spatiale). Même si les sujets ne peuvent pas connaître le biais et la distance, ils peuvent se rendre compte de la difficulté à se suivre. La non-réciprocité serait d'abord vécue comme une

difficulté de la tâche, une forme de résistance d'autrui, une récalcitrance à me suivre. Dans cette situation l'expérience de la séparation devient possible, comme perte de contrôle sur l'attention d'autrui. S'avancer dans l'espace de rencontre revient à s'avancer dans une « profondeur » si l'on entend par profondeur la dimension dans laquelle la séparation propre à l'espace distal se réalise (Merleau-Ponty, 1996), et si l'on entend d'abord par séparation la séparation d'avec autrui.

Par l'attention qu'il me porte, ou pas, autrui me révèle que je suis une image pour lui, que j'ai un corps-objet qui l'affecte (Reddy, 2003). Une distinction entre corps-percevant (Leib) et corps-objet perçu (Körper) peut dès lors se réaliser, même s'ils restent liés dans la réalisation concrète de l'unité autonome. Elle correspond à la distinction pour le sujet entre son corps propre qui lui permet de percevoir et son corps-objet que peut percevoir son partenaire, possiblement à son insu, en même temps qu'une distinction entre le corps-objet qu'il perçoit et le corps-propre de son partenaire qui peut ne pas le percevoir. Dans une interaction proximale, comme ici auprès du point d'attraction (CES), corps-percevant et corps-objet sont confondus. Quand on s'éloigne du point d'attraction ils tendent à se distinguer. Notons, que cette distinction rend possible une passivité attentive comme celle que l'on a vu à l'œuvre dans le croisement perceptif réciproque : il s'agit de présenter son corps-objet comme objet immobile relativement à son partenaire pour reconnaître des variations sensorielles dont on n'est pas l'origine.

L'étude expérimentale que nous avons présentée, extraordinairement artificielle et limitée par les interactions qu'elle permettait, montre néanmoins une chose importante : l'existence d'une non-réciprocité fait apparaître une forme de causalité dans laquelle le possible agit en tant que tel. Or, c'est cela même qui est le centre de l'énigme de la perception spatiale si elle doit bien être en même temps perception de positions ou de formes dans un champ de possibles et perception de ce champ de possibles lui-même. Cependant, avant de pouvoir parler de l'expérience d'une extériorité distale, il faudrait être capable de proposer une ontologie dans laquelle puissent être défini un espace de positions possibles pour les objets et pour les sujets qui les perçoivent.

5 – PROPOSITION THÉORIQUE ET ONTOLOGIQUE

Pour rendre compte d'une perception à distance il faut disposer d'une ontologie qui donne toute sa place au possible. Ce n'est pas le lieu ici de reprendre cette question dans toutes ses difficultés (Armstrong, 1997 ; Hintikka, 1979). Nous proposerons seulement l'esquisse d'une telle ontologie du possible et nous nous limiterons aux environnements très simples des études expérimentales que nous avons proposées. En effet, notre méthode expérimentale minimaliste peut s'accompagner d'une forme de minimalisme théorique. Il s'agit de pratiquer une parcimonie conceptuelle pour vérifier si les éléments mis en place dans les situations expérimentales sont suffisants pour proposer un schème explicatif de la perception de la distance dans un espace de possibles.

Notre hypothèse générale est que le sens de l'extériorité, en tant qu'expérience de l'indépendance d'un monde par rapport à soi, trouve son origine dans la possibilité d'une non-réciprocité. Nous proposons donc de partir

de la possibilité de non-réciprocité pour définir la *distance*. La perception de la distance d'un objet serait essentiellement la perception d'une possibilité de réciprocité. Vérifions si cela permet de construire une ontologie où seront définies les notions de *position spatiale*, de *point de vue*, d'*action* et de *sensation* dans un *espace de possibles*.

Mais pour suivre cette voie, il faut tout d'abord que la *possibilité de réciprocité* soit définie pour tout objet séparé, que ce soit un objet inerte ou le corps-objet d'une autre unité. La réciprocité d'une perception signifie que l'unité percevante est non seulement affectée par l'objet qu'elle perçoit (ses perturbations dépendent de cet objet) mais aussi qu'elle affecte cet objet (elle est source de perturbations pour cet objet) ce qui en retour peut modifier son activité perceptive. C'est par son corps-objet que l'unité peut affecter l'objet de sa perception, c'est-à-dire être perçue par lui. La généralisation de la question de la réciprocité à tout objet consiste à reconnaître que le corps-objet de l'unité n'est pas seulement un objet pour d'autres unités sensibles, mais un objet pour toutes les choses qu'elle pourrait affecter.

On peut donc définir la *réciprocité* de façon tout à fait générale : c'est la réaction de l'objet perçu (inerte ou non) au corps-objet de l'unité qui le perçoit (ce qui peut avoir pour effet de modifier ce qui est à percevoir). Pour l'unité, la question de la réciprocité peut donc se poser pour tout objet suivant sa capacité à réagir au fait d'être perçu. La passivité d'un objet inerte, signifie simplement qu'il n'a pas une sensibilité à distance. Il n'y a dans ce cas réciprocité que lors de la rencontre proximale. Un objet comme la tasse posée là sur la table est lui aussi en relation possiblement réciproque avec mon point de vue. Mais, il n'y aura « réciprocité » qu'au moment du contact proximal, c'est-à-dire au moment d'une réciprocité nécessaire. Par exemple l'objet tangible que je rencontre transforme mon activité perceptive en bloquant ou réorientant mes possibilités d'agir. Cependant, suivant la démarche que nous avons adoptée ici, nous posons que la rencontre avec une autre instance sensible à distance est nécessaire pour la constitution d'une perception de cette distance. L'objet inerte prendra ensuite place dans un espace qui aura été ouvert par ces interactions entre unités percevantes. Nous adoptons donc ici une forme d'animisme comme celui que Jean Piaget attribuait aux premiers stades du développement. Tout objet est d'abord pris comme objet intentionnel (dans ce sens très restreint d'une possibilité de répondre à mon activité), et c'est seulement dans un second temps qu'il peut être réduit à la pauvreté de réaction d'une simple chose (Piaget, 1929).

Ontologie du champ de possible

Pour commencer, on peut définir la position de l'objet perçu pour un point de vue comme le lieu où la réciprocité serait nécessaire si ce point de vue s'y trouvait (comme pour le toucher). Toutes les autres positions du point de vue relativement à cet objet sont celles de réciprocités seulement possibles (comme pour le croisement de regard). La valeur de ces possibilités peut être variable suivant la distance : plus on est proche, plus il est possible d'attirer l'attention ou risquer d'être perçu. L'extériorité de l'objet à distance correspond à la position là-bas de la réciprocité qui serait nécessaire, perçue depuis le point de vue, ici, d'une réciprocité seulement possible.

Ce *point de vue* de l'unité se situe là où est son propre corps-objet puisque la possibilité d'interaction avec d'autres unités dépend de lui.

L'*espace des positions* dans lequel est perçu l'objet est un espace de possibilités de réciprocité. Chaque position perçue d'un point de vue est un autre point de vue possible.

L'*action* est un changement structurel considéré en tant qu'il provoque un changement de position du point de vue, c'est-à-dire un changement de la possibilité de réciprocité relativement aux objets perçus. C'est donc un déplacement du corps-objet. L'action reste bien le produit d'un changement structurel définit du point de vue de la clôture opérationnelle de l'unité autonome, mais différents changements structurels peuvent correspondre à une même action puisque ne comptent que les changements qui pourraient affecter les objets perçus.

La *sensation* est une perturbation considérée en tant qu'elle peut toujours être réciproque ou non. Dans le cas d'une perception à distance, une même sensation peut se produire pour une infinité de possibilités de réciprocité différentes, c'est-à-dire une infinité de distances possibles (dans notre dispositif expérimental, cela s'illustre par un champ récepteur qui a la forme d'une bande infinie). La sensation est indifférente à la distance de l'objet qui la cause. Autrement dit, pour une même sensation, toutes les distances possibles de l'objet sont présentes en même temps. La sensation correspond toujours à une *perturbation* mais elle n'est plus comprise depuis l'intérieur de l'unité autonome comme signe ou effet d'une différence dans l'environnement mais plutôt seulement comme un événement possiblement réciproque.

Maintenant, le couplage *sensorimoteur* prend un nouveau sens. Il ne s'agit plus simplement du couplage entre perturbations et changements structurels, mais d'un couplage entre sensations et actions telles que nous venons de les définir : chaque sensation correspond à une réciprocité seulement possible, chaque action correspond à une variation de cette possibilité.

Perception de la distance

Dans l'étude expérimentale du croisement perceptif biaisé, nous avons fait en sorte qu'il n'y ait pas d'accès individuel possible à la distance dans la profondeur. Cela permettait de bien caractériser la séparation distale comme possibilité de non-réciprocité. Mais maintenant, si l'on accepte cette ontologie de la distance, on peut revenir vers des situations un peu plus complexes où, comme dans l'expérience du Visual Glove (Hanneton *et al.*, 2003 ; Lenay *et al.*, 1997), on accorde aux sujets des répertoires d'actions et de sensations qui leur permettent de déterminer des lois de couplage sensorimoteur spécifiques des distances. Rappelons que cela n'était pas suffisant pour imposer une interprétation distale comme visée d'une cible en extériorité (voir plus haut notre chapitre 3). Mais maintenant, avec la possibilité de non-réciprocité, on peut proposer une explication de la bascule depuis une interprétation proximale vers une interprétation distale de telles lois. Il y a perception distale si la loi de contingence sensorimotrice est comprise comme liant des *actions* de déplacement du point de vue, c'est-à-dire des changements de la possibilité de réciprocité, à des *sensations* entendues comme possibilités de réciprocité. La

détermination de la loi de contingence pour une position de l'objet donne l'ensemble des possibilités de réciprocité de cet objet, c'est-à-dire les multiples positions possibles du point de vue sur un objet dont la position unique est celle où la réciprocité serait nécessaire. Dans l'exemple du Distal Glove, la détermination de la loi de pointage donne l'ensemble des positions et directions du point de vue sur la position unique de la cible.

Distinction du sujet de la perception

Si l'on suit cette voie, il faut abandonner le présupposé d'un sujet de la perception préexistant, donné d'emblée par l'organisation autopoïétique. L'instance percevant une distance n'est pas l'unité autonome en tant que telle, mais cette unité liée à un corps-objet situé pour autrui et séparé de lui. Pour cet « enactive externalisme » (Lenay & Steiner, 2010), il y a co-définition, du point de vue de l'instance percevante, et de la distance qui le sépare de l'objet qu'il perçoit. Les contenus perceptifs correspondent à des états du couplage concrètement réalisés dans la relation entre l'unité dotée d'un corps objet et les objets de son environnement. Toutes les déterminations possibles des objets pour une unité appartiennent bien à son domaine de couplage puisqu'elles correspondent en dernier ressort à des invariants du couplage entre perturbations et changements structurels ; mais en même temps, chacun de ces invariants s'inscrit maintenant dans un champ d'invariants possibles.

Champ de possibles

En effet, l'intérêt d'une telle approche est de permettre de comprendre un peu mieux que la perception de la position d'un objet à distance puisse aller avec la présence du champ de possibles qui l'entoure et dans lequel elle se détache. Pour un point de vue sur un objet, les réciprocités possibles existent toutes au même titre et parmi elles il y a la position de l'objet qui est celle d'une réciprocité nécessaire. Ce possible se détache des autres par le processus de détermination d'une loi de contingence, mais les autres possibles restent présents puisque chaque sensation conserve la multiplicité de ses causes possibles. Entre le point de vue de l'unité et l'objet à distance il y a une infinité d'autres positions possibles. Et chacune de ces positions peut être, ou bien la réciprocité nécessaire d'un rapport proximal (l'unité y toucherait l'objet), ou bien une autre possibilité de réciprocité d'un rapport distal (l'unité y percevrait l'objet à distance d'un autre point de vue).

Par exemple, dans le cas du Visual Glove présenté plus haut, au cours de la détermination progressive de la position de l'objet à distance, chaque partie de la courbe de pointage correspondante désigne sa raison générale (son principe générateur) parmi une infinité d'autres raisons possibles. La raison de la courbe de pointage est tout simplement la position de la cible (la position de la nécessité de réciprocité). Quelques points sur cette courbe (quelques points de visée de la cible) suffisent pour définir l'ensemble des points de la courbe de pointage. Mais, dans le processus temporel de détermination de l'invariant du couplage, à chaque point de contact avec la courbe une infinité d'autres invariants restent toujours possibles.

Possibilité et nécessité permettent ainsi de comprendre comment la loi de contingence peut décrire la visée d'un objet unique à travers la multiplicité des actions et sensations : la multiplicité des points de vue pour un même objet s'explique comme multiplicité des possibilités pour une même nécessité. Pour un objet que je perçois en une position donnée par rapport à mon point de vue, est aussi présent le champ des autres positions possibles où l'objet pourrait être et où je pourrai être. Par son corps-objet qui permet la rencontre et la séparation avec les corps-objets d'autres unités, l'unité se situe comme point de vue et ses invariants sont ceux de lois liant actions et sensations comme variations de possibilité de réciprocité. Un monde propre s'ouvre dans le domaine de couplage par une « possibilisation » des états du couplage.

De nombreux travaux dans les approches éenactives comme en phénoménologie ont défendu l'idée que l'agentivité et la subjectivité ne pouvaient se constituer que par une imbrication entre corps percevant et corps-objet, Leib et Körper (Stapleton & Froese, 2016)¹⁶. Ici nous défendons aussi cette imbrication en remarquant que le corps-objet est nécessaire à la perception de la distance. En cela, il fait partie du corps-percevant. Cependant, il reste toujours en partie en dehors du monde propre de l'unité percevante puisque, justement, il n'y a pas pour elle de séparation entre son corps-percevant et son corps-objet qui lui permettrait de constituer ce dernier comme objet. C'est seulement autrui qui, par nos interactions, me dote du corps-objet qui m'ouvre l'espace de possibles.

Même si le champ de possibles de chacun reste contenu dans son domaine de couplage, il doit être compris comme un espace de possibles partagé avec les autres puisqu'il est construit, non pas de façon solitaire, mais bien grâce à eux par la rencontre de leur corps-objets. Chacun dans son monde propre reconnaît la présence d'autrui à travers son corps-objet. Autrui est présence de la possibilité d'une attention, une attention qui m'échappe dans la mesure où elle provient d'un autre monde propre mais qui croise le mien puisque pour elle peut exister mon propre corps-objet.

6 – CONCLUSION

Ce sera un autre travail de vérifier si ce schème conceptuel construit dans un cadre minimaliste est généralisable à l'ensemble de l'expérience perceptive. On veut seulement ici insister sur l'apport d'une théorie de la perception de l'objet à distance, c'est-à-dire en extériorité dans un espace de possibles.

Notons tout d'abord que ce schème permet de comprendre que la perception de la distance puisse se faire à distance de l'objet. En effet, la détermination de l'invariant sensorimoteur se fait depuis les déplacements d'un point de vue séparé de l'objet perçu. La nécessité de réciprocité là-bas est perçue depuis les variations de la possibilité de réciprocité pour un point de vue ici. Je peux percevoir des positions définies dans mon domaine de couplage mais qui sont en dehors de mon domaine de viabilité, des positions où je ne suis jamais allé et n'irai jamais, au-delà du précipice, dans la gueule du loup, sur la Lune. En effet la perception de la distance comme possibilité de réciprocité n'a pas besoin que

¹⁶ « L'énigme tient en ceci que mon corps est à la fois voyant et visible. Lui qui regarde toutes choses, il peut aussi se regarder, et reconnaître dans ce qu'il voit alors l'« autre côté » de sa puissance voyante. », *L'oeil et l'esprit*, Merleau-Ponty, 1964, p. 18.

la nécessité de réciprocité soit jamais réalisée : elle reste simplement possible pour moi.

Ainsi, la distance de l'objet permet de doter les positions de valeurs, pour les fuir ou les poursuivre, les craindre ou les désirer. L'existence de fins externes et de normes devient concevable, y compris pour des positions visées qui sont hors du domaine de viabilité. Il peut y avoir sense-making comme capacité de l'unité autonome à énoncer un monde de significations. Avec l'ouverture du possible, le domaine de couplage peut devenir un monde propre.

Dans le cadre des approches énonciatives de la cognition sociale le sense-making s'enrichit en un participatory sense-making. L'idée est que la dynamique d'interaction interindividuelle a une autonomie relative qui échappe en grande partie aux actions intentionnelles des participants. En retour, ces propriétés émergentes affectent les activités individuelles. Le participatory sense-making décrit cette façon dont les agents autonomes engagés dans des interactions sociales modifient ou rendent possibles certaines de leurs activités de sense-making individuelle (De Jaegher *et al.*, 2010 ; De Jaegher & Di Paolo, 2007).

On considère alors un niveau primitif subpersonnel, une intercorporéité (Merleau-Ponty, 1968) constituée des interactions entre les organismes dans un « cross modal sensorimotor system » (Gallagher, 2013). L'agentivité et une pleine autonomie cognitive individuelle seraient secondairement constituées à partir de ce substrat partagé. Cette intercorporéité originaire expliquerait l'existence d'une compréhension mutuelle qui précéderait et rendrait possible les phénomènes dit de « cognition sociale » comme la reconnaissance d'autrui, l'attention conjointe, l'imitation ou la contagion émotionnelle. Dans le croisement perceptif classique comme dans le croisement perceptif biaisé, nous avons effectivement vu à l'œuvre une forme d'intercorporéité produite par la dynamique d'interaction entre les corps-objets, dynamique relativement indépendante de l'activité perceptive individuelle. Et c'est bien cette intercorporéité qui rendait ensuite possible la reconnaissance d'autrui et la constitution du champ des possibilités de réciprocité. La recherche et les hypothèses proposées ici radicalisent ce rôle des interactions sociales en posant que même le sense-making individuel ne leur préexiste pas.

Cependant, dans la perspective que nous avons adoptée ici l'intercorporéité est produite par la *séparation* des organismes et le croisement de leurs domaines d'interaction qui sont *irréductiblement hétérogènes*. La rencontre de clôtures opérationnelles différentes ne produit pas un monde commun homogène mais permet au contraire la construction d'écarts, de distances dans un champ de rapports possibles entre les organismes. Il ne s'agit pas bien sûr de revenir à une approche cognitiviste posant l'intériorité de sujets déjà constitués qui ensuite se rencontreraient et dont on devrait inférer les états internes cachés. Au contraire, l'intériorité ne peut prendre sens que si l'on a d'abord rendu compte de l'espace dans lequel puisse se définir intérieur et extérieur (Lenay & Steiner, 2010). C'est pourquoi nous avons essayé de comprendre comment la rencontre du corps-objet d'une unité avec les corps-objets d'autres unités permettait la constitution même du sujet de la perception comme point de vue situé par rapport à d'autres points de vue.

John Stewart a aussi proposé de passer par le social pour rendre compte des grandes catégories cognitives et en particulier de la catégorie générale d'un

espace euclidien isotrope. En reprenant les travaux de Durkheim et Sohn-Rethel, il s'agirait de montrer comment la normativité des actions et l'aprioricité apparente des catégories proviendraient de leur institution dans des structures sociales qui les précèderaient (Stewart, 2015). Dans un article de positionnement théorique général avec Pierre Steiner, il montre l'importance d'une prise en compte des structures sociales à proprement parlé (et non pas des simples interactions interindividuelles) pour rendre compte de la cognition humaine. Les structures sociales qui forment notre milieu de vie et qui nous précèdent toujours, nous fournissent les normes qui contraignent et rendent possibles toutes nos activités. L'hétéronomie de ces structures sociales dont on hérite participe à la régulation et au sens même de chacune de nos actions (Steiner & Stewart, 2009). Cependant, pour expliquer le fonctionnement et l'efficacité des formes sociales en tant que normes pour les sujets, il faut expliquer comment leurs actions peuvent y obéir, *ou pas*. Il faut que ces normes puissent s'inscrire suffisamment en extériorité pour que leur respect soit seulement *possible*. Pour l'expliquer nous avons aussi mobilisé le collectif (quoique non pas le social au sens de Steiner et Stewart) et l'altérité des unités qui le composent.

La clôture opérationnelle de l'unité autonome ne nous a pas servi à défendre son autosuffisance dans la constitution de son expérience - nous nous sommes employés à montrer le contraire - mais elle nous a servi à donner un sens théorique à l'altérité par la pluralité des clôtures opérationnelles d'unités autonomes différentes. En effet, l'idée de clôture opérationnelle permet de justifier une irréductibilité des différences entre domaines de couplage, différences dont on a tenté de montrer qu'elles étaient constitutives des champs de possibles dans lesquels se réalisaient les subjectivités.

Pour chacun, c'est la radicalité de l'altérité qui ouvre l'espace de possible. Dans son monde propre l'altérité se révèle par la rencontre des autres organismes qui, en échappant à la détermination de leur attention, entraînent le couplage dans des directions non maîtrisables. Du point de vue phénoménologique, plutôt que de faire appel à un monde commun anonyme homogène précédant la constitution des subjectivités (Merleau-Ponty, 1996 ; Merleau-Ponty, 1968), nous nous sommes inscrits dans une perspective proche de celle d'Emmanuel Levinas (Levinas, 1979 ; Métais & Villalobos, 2021). Pour chacun, il y a rencontre - non pas celle de la ressemblance, de l'alter-ego - mais bien rencontre de l'altérité. Le corps-objet, c'est-à-dire le visage d'autrui, est la présence dans le monde perceptif d'une absence, entendue dans notre texte comme impossibilité de pleine détermination et maîtrise de l'attention d'autrui (mais avec le pouvoir de blesser ou tuer ce qui ouvre la relation éthique).

Avec John Stewart, nous avons donc maintenu le lien essentiel entre vie et cognition, mais en accordant un rôle essentiel à la pluralité des êtres vivants. Certes la cognition procède du vivant, mais avec d'autres vivants.

RÉFÉRENCES

- Armstrong, D.M. (1997). *A World of States of Affairs*. Cambridge University Press.
- Auvray, M., Hannequin, S., Lenay, C. & O'Regan, K. (2005). There is something out there: Distal attribution in sensory substitution, twenty years later. *Journal of Integrative Neuroscience*, 4(4), 505-521.
- Auvray, M., Lenay, C. & Stewart, J. (2009). Perceptual interactions in a minimalist virtual environment. *New Ideas in Psychology*, 27(1), 32-47.

- Auvray, M. & Myin, E. (2009). Perception with compensatory devices : From sensory substitution to sensorimotor extension. *Cognitive Science*, 33(6), 1036-1058.
- Auvray, M. & Rohde, M. (2012). Perceptual crossing: The simplest online paradigm. *Frontiers in human neuroscience*, 6. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3377933/>
- Barandiaran, X. & Moreno, A. (2008). Adaptivity : From Metabolism to Behavior. *Adaptive Behavior*, 16(5), 325-344. <https://doi.org/10.1177/1059712308093868>
- Barbaras, R. (2002). Francisco Varela A new idea of perception and life. *Phenomenology and the Cognitive Sciences*, 1(2), 127-132.
- Bitbol, M. & Luisi, P.L. (2004). Autopoiesis with or without cognition : Defining life at its edge. *Journal of the Royal Society Interface*, 1(1), 99-107.
- Bourgine, P. & Stewart, J. (2004). Autopoiesis and cognition. *Artificial Life*, 10(3), 327-345.
- De Jaegher, H. & Di Paolo, E. (2007). Participatory sense-making. *Phenomenology and the Cognitive Sciences*, 6(4), 485-507.
- De Jaegher, H., Di Paolo, E. & Gallagher, S. (2010). Can social interaction constitute social cognition? *Trends in Cognitive sciences*, 14(10), 441-447.
- Declerck, G., & Lenay, C. (2018). Living in Space. A Phenomenological Account. In E. Pissaloux & R. Velázquez (éds.), *Mobility of Visually Impaired People* (p. 3-52). Berlin, Heidelberg, Springer.
- Di Paolo, E. (2016). Participatory object perception. *Journal of Consciousness Studies*, 23(5-6), 228-258.
- Di Paolo, E. A. (2005). Autopoiesis, adaptivity, teleology, agency. *Phenomenology and the Cognitive Sciences*, 4(4), 429-452.
- Di Paolo, E. A., Rohde, M. & Iizuka, H. (2008). Sensitivity to social contingency or stability of interaction? Modelling the dynamics of perceptual crossing. *New Ideas in Psychology*, 26(2), 278-294.
- Di Paolo, E. & Thompson, E. (2014). The Enactive Approach. In L. Shapiro (éd.), *The Routledge Handbook of Embodied Cognition*, 68-78. New York, NY. Routledge/Taylor & Francis Group.
- Dupuy, J.-P. & Varela, F.J. (1992). Understanding Origins: An Introduction. In G. Minati, E. Pessa & M. Abram (éds.), *Understanding Origins* (p. 1-25). Berlin, Heidelberg, Springer. http://link.springer.com/chapter/10.1007/978-94-015-8054-0_1
- Epstein, W., Hughes, B., Schneider, S. & Bach-Y-Rita, P. (1986). Is there anything out there?: A study of distal attribution in response to vibrotactile stimulation. *Perception*, 15(3), 275-284.
- Ferrell, K.A. (1980). Can Infants Use the Sonicguide? Two Years Experience of Project VIEW! *Journal of Visual Impairment & Blindness*, 74(6), 209-220. <https://doi.org/10.1177/0145482X8007400601>
- Froese, T. & Di Paolo, E. (2011). The enactive approach : Theoretical sketches from cell to society. *Pragmatics & Cognition*, 19(1), 1-36.
- Froese, T., Iizuka, H. & Ikegami, T. (2014a). Using minimal human-computer interfaces for studying the interactive development of social awareness. *Frontiers in Psychology*, 5. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2014.01061>
- Froese, T., Iizuka, H. & Ikegami, T. (2014b). Embodied social interaction constitutes social cognition in pairs of humans: A minimalist virtual reality experiment. *Scientific Reports*, 4. <https://doi.org/10.1038/srep03672>
- Froese, T. & Stewart, J. (2010). Life After Ashby : Ultrastability and the Autopoietic Foundations of Biological Autonomy. *Cybernetics & Human Knowing*, 17(4), 7-49.
- Froese, T. & Stewart, J. (2012). Enactive Cognitive Science and Biology of Cognition: A Response to Humberto Maturana. *Cybernetics and Human Knowing*, 19(4), 61-74.
- Gallagher, S. (2013). When the problem of intersubjectivity becomes the solution. *The infant mind: Origins of the social brain*. Guildford Press, Toronto, 48-74.

- Gallagher, S. (2014). In your face: Transcendence in embodied interaction. *Frontiers in human neuroscience*, 8. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4088924/>
- Gapenne, O., Rovira, K., Ali Ammar, A. & Lenay, C. (2003). Tactos : Special computer interface for the reading and writing of 2D forms in blind people. *Universal Access in HCI, Inclusive Design in the Information Society*, 1270-1274.
- Hanneton, S., Gapenne, O., Genouel, C., Lenay, C. & Marque, C. (1999). Dynamics of shape recognition through a minimal visuo-tactile sensory substitution interface. *Third International Conference on Cognitive and Neural Systems*. <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00185599/>
- Hanneton, S., Taleb-Kachour, D., Ramanantsoa, M.-M., Hardy, B. & Roby-Brami, A. (2003, janvier 23). Perception proximale et distale à l'aide du dispositif de Lenay. *Actes du séminaire PHITECO. Espaces d'action, espaces de perception*, UTC, Compiègne. hal-00079161. <http://arxiv.org/abs/q-bio/0606020>
- Hintikka, J. (1979). Impossible Possible Worlds Vindicated. In E. Saarinen (éd.), *Game-Theoretical Semantics : Essays on Semantics by Hintikka, Carlson, Peacocke, Rantala, and Saarinen* (p. 367-379). Berlin, Heidelberg, Springer. https://doi.org/10.1007/978-1-4020-4108-2_13
- Husserl, E. [1973] *Thing and Space : Lectures of 1907* (Vol. 7). Berlin, Heidelberg, Springer Science & Business Media, 2013.
- Iizuka, H. & Paolo, E.D. (2007). Minimal Agency Detection of Embodied Agents. In F.A. e Costa, L.M. Rocha, E. Costa, I. Harvey, & A. Coutinho (éds.), *Advances in Artificial Life* (p. 485-494). Berlin, Heidelberg, Springer. http://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-540-74913-4_49
- Jonas, H. & Jonas, E. (2001). *The Phenomenon of Llife: Toward a Philosophical Biology*. Evanston, ILL., Northwestern University Press.
- Kant, I. [1793]. *Critique of the Power of Judgment*. Cambridge University Press; 2000.
- Kojima, H., Froese, T., Oka, M., Iizuka, H. & Ikegami, T. (2017). A Sensorimotor Signature of the Transition to Conscious Social Perceptio: Co-regulation of Active and Passive Touch. *Frontiers in Psychology*, 8. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2017.01778>
- Lenay, C., Auvray, M., Sebbah, F.D. & Stewart, J. (2006). Perception of an intentional subject: An enactive approach. *Third International Conference on Enactive Interface*, 37-38.
- Lenay, C., Canu, S. & Villon, P. (1997). Technology and perception: The contribution of sensory substitution systems. In *Proceedings Second International Conference on Cognitive Technology Humanizing the Information Age*, 44-53. IEEE, 1997. <http://doi.ieeecomputersociety.org/10.1109/CT.1997.617681>
- Lenay, C., Gapenne, O., Hanneton, S., Marque, C. & Genouëlle, C. (2003). Sensory substitution: Limits and perspectives. In Y. Hatwell, A. Streri & E. Gentaz (éds.), *Touching for Knowing, Cognitive Psychology of Haptic Manual Perception* (p. 275-292). Amsterdam, John Benjamins Publishing Company.
- Lenay, C., Mailliet, B. & Aubert, D. (2009). *Procédé d'interaction, stimulateur sensoriel et système d'interaction adaptés à la mise en œuvre dudit procédé*. (UTC Patent N° N/REF. : 117240FRFSO).
- Lenay, C. & Sebbah, F.D. (2001). La constitution de la perception spatiale. Approches phénoménologique et expérimentale. *Intellectica*, 1(32), 45-86.
- Lenay, C. & Steiner, P. (2010). Beyond the internalism/externalism debate : The constitution of the space of perception. *Consciousness and Cognition*, 19(4), 938-952.
- Lenay, C. & Stewart, J. (2012). Minimalist approach to perceptual interactions. *Front. Hum. Neurosci.*, 6, 1-18.
- Lenay, C., Stewart, J., Rohde, M. & Amar, A.A. (2011). You never fail to surprise me : The hallmark of the Other: Experimental study and simulations of perceptual crossing. *Interaction Studies*, 12(3), 373-396.

- Loomis, J.M. (1992). Distal attribution and presence. *Presence: Teleoperators & Virtual Environments*, 1(1), 113-119.
- Maturana, H.R. (1970). Biology of cognition. In H.R. Maturana & F.J. Varela (éds.), *Autopoiesis and Cognition: The Realization of the Living* (p. 1-58). Dordrecht, Kluwer Academic.
- Maturana, H.R. & Varela, F.J. (1980). *Autopoiesis and Cognition : The Realization of the Living* (Vol. 42). Berlin, Heidelberg, Springer.
- Maturana, H.R. & Varela, F.J. (1987). *The Tree of Knowledge: The Biological Roots of Human Understanding*. (Translated by Robert Paolucci), Boulder, CO, New Science Library/Shambhala Publications.
- Merleau-Ponty, M. (1964). *L'oeil et l'esprit*. Paris, Gallimard.
- Merleau-Ponty, M. (1968). *The Visible and the Invisible: Followed by Working Notes*. Evanston, ILL., Northwestern University Press.
https://books.google.fr/books?hl=fr&lr=&id=aPcET3X2zIEC&oi=fnd&pg=PR11&dq=merleau+ponty+visible+and+invisible&ots=GOqDDd_pN6&sig=giTYgVzBlhkR4spi8gbF6aZtEe8
- Merleau-Ponty, M. (1996). *Phenomenology of Perception*. Delhi, Motilal Banarsidass.
- Métais, F. & Villalobos, M. (2021). Embodied ethics : Levinas' gift for enactivism. *Phenomenology and the Cognitive Sciences*, 20(1), 169-190.
- Michael, J., & Overgaard, S. (2012). Interaction and social cognition: A comment on Auvray *et al.*'s perceptual crossing paradigm. *New Ideas in Psychology*, 30(3), 296-299.
- Moll, H. & Khalulyan, A. (2017). "Not See, Not Hear, Not Speak" : Preschoolers Think They Cannot Perceive or Address Others Without Reciprocity. *Journal of Cognition and Development*, 18(1), 152-162.
- O'Regan, J.K. & Noë, A. (2001). A sensorimotor account of vision and visual consciousness. *Behavioral and Brain Sciences*, 24(5), 939-972.
- Pacherie, E. (1997). Du problème de Molyneux au problème de Bach Y Rita. In J. Proust, (éd.), *Perception et intermodalité. Approches actuelles de la question de Molyneux*, (255-293). Paris, Presses Universitaires de France.
- Petitot, J., Varela, F., Pachoud, B. & Roy, J.-M. (éds.). (2000). *Naturalizing Phenomenology : Issues in Contemporary Phenomenology and Cognitive Science* (Stanford University Press). <http://www.sup.org/books/title/?id=406>
- Piaget, J. (1929). *The Child's Conception of the World* (Traduit du français par J. & A. Tomlinson). London, Routledge & Kegan Paul.
- Piaget, J. (1937). *La naissance de l'intelligence chez l'enfant*.
<http://psycnet.apa.org/psycinfo/1938-00993-000>
- Reddy, V. (2000). Coyness in early infancy. *Developmental Science*, 3(2), 186-192.
- Reddy, V. (2003). On being the object of attention : Implications for self-other consciousness. *Trends in Cognitive Sciences*, 7(9), 397-402.
- Rosenblueth, A., Wiener, N. & Bigelow, J. (1943). Behavior, purpose and teleology. *Philosophy of Science*, 10(1), 18-24.
- Siegle, J.H. & Warren, W.H. (2010). Distal attribution and distance perception in sensory substitution. *Perception*, 39(2), 208-223.
- Stapleton, M. & Froese, T. (2016). The enactive philosophy of embodiment : From biological foundations of agency to the phenomenology of subjectivity. In *Biology and Subjectivity* (p. 113-129). Berlin, Heidelberg, Springer.
- Steiner, P. & Stewart, J. (2009). From autonomy to heteronomy (and back) : The enaction of social life. *Phenomenology and the Cognitive Sciences*, 8(4), 527-550.
- Stewart, J. (1992). Life = cognition : The epistemological and ontological significance of artificial life. In F.J. Varela & P. Bourguine (éds), *Toward a Practice of Autonomous System : Proceedings of the First European Conference on Artificial Life* (p 475-483). Cambridge, MA, The MIT Press.

- Stewart, J. (1995). Cognition = life : Implications for higher-level cognition. *Behavioural Processes*, 35(1-3), 311-326.
- Stewart, J., Gapenne, O. & Di Paolo, E. (2010). *Enaction: A New Paradigm for Cognitive Science*. Cambridge, MA, The MIT Press.
- Stewart, J.R. (2015). Formes de pensée, formes de vie sociale : Une enquête à propos de l'origine des catégories. *Intellectica*, 63(1), 93-124.
- Thompson, E. (2004). Life and mind From autopoiesis to neurophenomenology. A tribute to Francisco Varela. *Phenomenology and the Cognitive Sciences*, 3(4), 381-398.
- Thompson, E. (2007). *Mind in Life: Biology, Phenomenology, and the Sciences of Mind*. Cambridge, MA, Belknap Press.
- Vallée, A., Rovira, K. & Deschamps, L. (2016). A study of collaboration via a digital space accessible to adolescents with visual impairment. *British Journal of Visual Impairment*, 34(1), 83-90.
- Varela, F.J. (1979). *Principles of Biological Autonomy*. Amsterdam, North Holland.
- Varela, F.J. (1997). Patterns of life : Intertwining identity and cognition. *Brain and Cognition*, 34(1), 72-87.
- Varela, F.J. & Bourgine, P. (1992). *Toward a Practice of Autonomous Systems: Proceedings of the First European Conference on Artificial Life*. Cambridge, MA., The MIT Press.
- Varela, F., & Poerksen, B. (2006). Truth Is What Works: Francisco J. Varela on Cognitive Science, Buddhism, the Inseparability of Subject and Object, and the Exaggerations of Constructivism – A Conversation. *The Journal of Aesthetic Education*, 40, 35-53. <https://doi.org/10.1353/jae.2006.0012>
- Virgo, N., Egbert, M.D. & Froese, T. (2009). The role of the spatial boundary in autopoiesis. In G. Kampis, I. Karsai & E. Szathmáry (éds) *Advances in Artificial Life. Darwin Meets von Neuman*. Berlin, Heidelberg, Springer, Lecture Notes in Computer Science, 240-247.
- Von Uexküll, J. (1992). A stroll through the worlds of animals and men : A picture book of invisible worlds. *Semiotica*, 89(4), 319-391.
- Wallon, H. (2020). *L'évolution psychologique de l'enfant*. Paris, Dunod.
- Weber, A. & Varela, F.J. (2002). Life after Kant: Natural purposes and the autopoietic foundations of biological individuality. *Phenomenology and the Cognitive Sciences*, 1(2), 97-125.
- White, B.W., Saunders, F.A., Scadden, L., Bach-Y-Rita, P. & Collins, C.C. (1970). Seeing with the skin. *Perception & Psychophysics*, 7(1), 23-27.
- Ziat, M., Lenay, C., Gapenne, O., Stewart, J., Ali Ammar, A. & Aubert, D. (2007). Perceptive supplementation for an access to graphical environment. *Lectures Notes in Computer Science*, 4554, 841-850.