



Revue *Hybrid*, n° 2 « Réalités de l'illusion »

Pour une vicariance créatrice

Entretien avec Alain Berthoz

Alain Berthoz

Alain Berthoz est un ingénieur et neurophysiologiste, membre de l'Académie des sciences (depuis 2003), de l'Académie des technologies (depuis 2010) et professeur honoraire au Collège de France (chaire de physiologie de la perception et de l'action de 1993 à 2009). Il est un des grands spécialistes de physiologie intégrative. Il a orienté ses recherches sur le contrôle multisensoriel du regard, de l'équilibre, de la locomotion et de la mémoire spatiale. Il a publié de nombreux ouvrages dont *Le Sens du mouvement* (Odile Jacob, 1997), *La Décision* (Odile Jacob, 2003), *La Simplicité* (Odile Jacob, 2009), *La Vicariance : le cerveau créateur de mondes* (Odile Jacob, 2013), *Anticipation et Prédiction. Du geste au voyage mental* (avec Claude Debru, Odile Jacob, 2015). Voir la bibliographie d'Alain Berthoz sur le site du Collège de France : <http://www.college-de-france.fr/site/alain-berthoz/travaux.htm>.

Marie-Hélène Tramus

Marie-Hélène Tramus est professeur d'arts et technologies de l'image à l'université Paris 8 et présidente du Conseil scientifique du Labex Arts-H2H. Elle mène des recherches sur le comportement et l'autonomie des entités virtuelles et sur les questions du processus de création et de la participation du spectateur, renouvelées par l'interactivité numérique. Ses travaux ont donné lieu à des créations numériques en collaboration : films d'animation de synthèse, installations interactives, dispositifs artistiques de réalité virtuelle et augmentée, dont *Sur-impression* (2009), *La Funambule virtuelle* (2000-2006), *Danse avec moi* (2001), *Corps et Graphie* (1997), *La Speakerine de synthèse* (1990), *La Plume* (1988).

Résumé

Dans cet entretien, est abordée la thématique des réalités de l'illusion à partir de l'interprétation du concept de vicariance développé par Alain Berthoz dans l'ouvrage *La Vicariance : le cerveau créateur de mondes*, paru en 2013 (Odile Jacob). Une succession de questions sont passées en revue : la différence entre l'illusion et l'hallucination ; la double face de la vicariance comme substitution

et comme création ; le lien de la vicariance avec les notions de diversité et d'environnement propre ; les processus créatifs en relation avec cette stratégie de la vicariance ; les formes artistiques et leur complexité sous-jacente au niveau neurophysiologique ; et enfin la réalité virtuelle en tant que réalité vicariante où les avatars sont des doubles qui permettent l'immersion dans ces mondes virtuels.

Mots-clés : illusion, réalité, vicariance, création artistique, réalité virtuelle, avatar

Mise en ligne : 23 octobre 2015

Texte intégral (format PDF)

Marie-Hélène Tramus. L'idée de cet entretien est venue de la lecture de votre ouvrage *La Vicariance : le cerveau créateur de mondes*¹. Il s'agit de se demander si cette notion de vicariance permet d'ouvrir une voie de réflexion originale à la question des réalités de l'illusion.

Alain Berthoz. Avant d'aborder les relations entre l'illusion et la réalité, je voudrais revenir sur la distinction entre l'illusion et l'hallucination². Pour moi – pour le cerveau en tout cas –, l'illusion est une solution que trouve le cerveau lorsqu'il est dans une situation ambiguë, alors que l'hallucination est une création du cerveau. On confond souvent les deux, parce qu'il arrive que les artistes jouent sur les deux tableaux. Par exemple, chez M. C. Escher, certaines figures associent des illusions qui sont des productions du cerveau dans une situation ambiguë, et des « réalités fausses », qui sont des créations de son cerveau³. Souligner cette différence est important, car le concept de vicariance – qui est un des principes simplificateurs de ce que j'ai appelé les « processus simplex », une des inventions de l'évolution pour résoudre des problèmes complexes rapidement et avec efficacité – s'adresse aux deux aspects, à la résolution de conflits que j'appelle l'illusion, et à cette création de mondes qui sont des hallucinations, chez l'homme.

Marie-Hélène Tramus. Pouvez-vous nous donner une définition de cette notion de vicariance dont vous faites une stratégie essentielle de notre interaction avec le monde extérieur ?

Alain Berthoz. Tout d'abord rappelons que ce terme de vicariance, très polysémique, est utilisé par de nombreuses disciplines. En paléontologie, il décrit les différences entre les animaux qui sont de même origine, mais qui ont vécu par exemple dans des continents différents. En didactique, il désigne le fait qu'il y ait une diversité dans la façon d'enseigner. En psychiatrie, la vicariance de la douleur signale le fait que les soignants peuvent tout d'un coup adopter la douleur d'autrui. Fondamentalement, le concept de vicariance, c'est l'idée du

1 Alain Berthoz, *La Vicariance : le cerveau créateur de mondes*, Paris, Odile Jacob, 2013.

2 Alain Berthoz, *Le Sens du mouvement*, Paris, Odile Jacob, 1997, p. 274.

3 Ainsi, dans la lithographie *Montée et Descente*, M. C. Escher crée une structure architecturale tridimensionnelle imaginaire selon une représentation perspective, tout en y insérant un escalier impossible donnant l'illusion de monter ou de descendre infiniment.

vicaire, c'est-à-dire de la substitution possible d'une solution ou d'une fonction à une autre, c'est l'idée que nous pouvons faire la même chose avec des mécanismes ou des solutions ou des comportements différents et c'est la base de la diversité. La raison pour laquelle j'ai écrit ce livre sur la vicariance résulte du constat que l'évolution a dû d'une part arbitrer entre des lois universelles (par exemple les lois générales du mouvement que j'ai décrites dans *La Simplexité*⁴), et d'autre part trouver le moyen de tenir compte de la diversité, développant cette capacité formidable de faire la même chose par différentes solutions. Enfin, un dernier sens a été donné au mot « vicariance » par Jakob von Uexküll, qui est ce que j'ai appelé la vicariance d'usage. Von Uexküll prend ce merveilleux exemple de la tige de la fleur qui pour la vache est une nourriture, pour l'amoureux une hampe pour présenter la fleur, pour la fourmi une échelle. Alors que nous sortons d'un siècle dominé par une pensée normative, et où l'on avait oublié la diversité, j'ai voulu réintégrer cette idée fondamentale.

Marie-Hélène Tramus. Ne pourrait-on pas envisager les processus de création artistique comme des procédés vicariants ? Et les créations artistiques comme des singularités émergeant de la subjectivité d'un auteur, d'un peintre, d'un cinéaste, d'un écrivain, loin des lois universelles ? La notion de vicariance ne permettrait-elle pas de sortir de la problématique classique qui oppose dans les arts réalité et illusion ?

Alain Berthoz. Je voudrais faire un premier commentaire sur l'usage courant de la notion de « réalité ». Derrière ce concept au singulier, se cache en fait une multiplicité. Voilà pourquoi j'ai voulu réhabiliter la pensée de von Uexküll⁵, et sa notion d'*Umwelt* (environnement, milieu, monde propre). Pour la tique par exemple, le réel se résume à l'acide butyrique et à la chaleur, et ainsi quand la pauvre tique sent quelque chose qui est chaud et qui a l'odeur de l'acide butyrique, elle se laisse tomber dessus, puis elle se nourrit et elle meurt. « Le réel » est en grande partie déterminé par ce dont l'évolution nous a dotés comme outil de sensation, perception, interprétation du monde en fonction de nos besoins. L'originalité de l'homme – je développe cette thèse dans l'essai sur la vicariance – est justement de pouvoir sortir de ce déterminisme, qui l'enferme dans un réel lié à ses besoins et ses outils sensoriels, grâce à la capacité remarquable de son cerveau de mettre en œuvre les processus vicariants dont il dispose pour échapper au réel ou à son réel. L'évolution nous a dotés d'un certain nombre de mécanismes – par exemple de nous rappeler notre chemin soit par nos mouvements, soit par une carte, de saisir un verre de plusieurs façons, etc. ; elle nous a attribués toute une série d'outils vicariants qui nous permettent de résoudre un problème rapidement et par des voies différentes. Ce que font les artistes, selon moi grâce aux capacités du cerveau humain, c'est d'utiliser ces outils dont l'évolution nous a équipés pour manipuler « l'expression du réel ». Par exemple, nous n'avons qu'un répertoire vraiment étroit de mouvements, de gestes. Nous les avons étudiés, Michel Bret, vous et moi, dans le projet de

4 Alain Berthoz, *La Simplexité*, Paris, Odile Jacob, 2009.

5 Alain Berthoz et Yves Christen (dir.), « Neurobiology of the “Umwelt” : How Living Beings Perceive the World », *Research and Perspectives in Neurosciences*, Heidelberg, Springer-Verlag, , 2009.

*La Funambule virtuelle*⁶. Nous obéissons à des lois de mouvement naturel très rigides. Nous les avons données à *La Funambule*, pour vous permettre ensuite de les casser et de provoquer une émotion. Vous avez utilisé votre cerveau pour créer des solutions qui n'avaient pas été prévues par l'évolution, sans recourir à d'autres outils que ceux dont nous a pourvus l'évolution. C'est ce jeu, à mon avis très intéressant, entre la flexibilité fonctionnelle que donne la vicariance et le désir et la capacité qu'a notre cerveau de réorganiser ces synergies différemment, qui est la charnière que vous recherchez dans le rapport réalité-illusion.

Marie-Hélène Tramus. Ces « réalités » multiples qui sont liées au corps-cerveau des espèces variées sur la terre et à leur *Umwelt* particulier, ne pourrait-on pas les étendre aux mondes créés par les artistes ? Ceux-ci ne seraient-ils pas, de façon métaphorique, « une variété » au sein de notre espèce humaine, capable d'inventer des mondes singuliers en utilisant cette capacité sensorimotrice, perceptive, cognitive de notre interaction avec le monde ?

Alain Berthoz. Est-ce que l'artiste est une créature particulière ? Nous sommes tous des créatures particulières ; c'est cela justement le fondement de la vicariance. La combinaison de l'épigenèse et de l'expérience fait de chacun de nous une créature complètement unique. Je pense que les ingénieurs sont aussi des créateurs. Un avion est une création improbable. Les ingénieurs contribuent aussi à recomposer le monde différemment, à utiliser les forces et les formes de façon originale. De même les scientifiques, ou encore les mathématiciens qui cherchent et découvrent de nouveaux concepts. La question reste de savoir ce qui, dans ce dialogue réalité-illusion, est particulier aux artistes.

Marie-Hélène Tramus. Est-ce que ce qui caractérise les artistes, ce n'est pas que leur recherche s'oriente vers un plaisir particulier, lié à une attention soutenue aux formes – que ces formes soient gestuelles dans la danse, plastiques dans les arts visuels, sonores dans la musique, etc. ?

Alain Berthoz. Je ne suis pas d'accord avec vous pour dire que les artistes vont essentiellement chercher le plaisir. Regardez Nolde et les expressionnistes allemands, par exemple, qui questionnent tellement le plaisir de la forme qu'ils inspirent un sentiment d'angoisse, d'horreur (*cf. Le Cri* de Munch). Ils avaient anticipé les horreurs qui allaient se produire. L'artiste utilise la forme autant pour le plaisir que pour éventuellement exprimer la crainte, l'angoisse, l'horreur, ou disons une émotion.

Marie-Hélène Tramus. Bien sûr, mais est-ce que cette attention soutenue à la forme, et la pratique qui en émerge, est ce qui permet aux artistes de créer des œuvres capables d'exprimer des émotions très variées ?

Alain Berthoz. Il est intéressant alors de s'interroger sur la nature de ce qui est évoqué par une forme – qu'il s'agisse d'horreur, d'angoisse, de plaisir. À la suite de travaux réalisés par Jan Koenderink, physicien hollandais, nous travaillons, aujourd'hui avec Daniel Bennequin, mathématicien-géomètre, et Tamar Flash, mathématicienne et physiologiste israélienne, sur la géométrie du cerveau. À mon avis, une question fondamentale qui est posée aujourd'hui sur la perception est la suivante : quelles sont les géométries de notre cerveau ? Ce qui

6 Michel Bret, Marie-Hélène Tramus et Alain Berthoz, « Interacting with an Intelligent Dancing Figure : Artistic Experiments at the Crossroads between Art and Cognitive Science », *Leonardo*, vol. XXXVIII, n° 1, 2005, p. 46-53.

amène à une autre question : est-ce que les artistes – peintres, sculpteurs, danseurs – créent des formes qui correspondent aux géométries dans lesquelles le cerveau aime travailler ?

Cette recherche s'appuie sur une généralisation de la loi de la puissance deux tiers, qui relie la courbure de la trajectoire à la vitesse tangentielle dans un mouvement que l'on fait (que ce soit en marchant ou en dessinant avec la main), et qui contraint la perception. Nous essayons actuellement d'aller beaucoup plus loin que de décrire les lois du mouvement naturel afin de comprendre quelles sont ces géométries sous-jacentes. Nous avons découvert, et nous avons publié il y a trois ans, que ces lois du mouvement naturel ne relèvent pas simplement de la géométrie euclidienne, mais aussi de la géométrie non euclidienne. L'idée qu'il y a derrière tout cela, et sur laquelle nous ne sommes pas forcément d'accord avec les mathématiciens (c'est un grand débat), est que les géométries que découvrent les mathématiciens correspondent à des géométries du cerveau. Et quand les artistes créent des formes qui ne sont pas forcément des formes euclidiennes, ils révèlent l'extraordinaire richesse du fonctionnement cérébral, en l'exprimant dans un espace – j'emploie le terme à dessein – beaucoup plus complexe que l'espace auquel on est habitué et qu'on nous enseigne à l'école et qui est l'espace euclidien.

Lorsque Picasso fait un portrait de plusieurs points de vue à la fois, il reflète tout simplement la possibilité que nous donne notre cerveau de changer de points de vue grâce à des modules spécialisés ou particuliers qui permettent de manipuler ces points de vue. Autrement dit, les artistes sont d'une certaine façon les découvreurs du fonctionnement de notre cerveau. Ils échappent à la norme culturelle dominante de l'éducation pour nous révéler des modes d'appréhension du réel et surtout des modes de fonctionnement de notre cerveau, qui sont donc vicariants dans le sens que j'ai employé dans mon livre, c'est-à-dire non seulement dans le sens de la substitution d'une fonction à une autre, ou des variétés d'usage, mais dans le sens d'une véritable capacité de créer des combinaisons nouvelles.

Marie-Hélène Tramus. Cela me fait penser aux motifs ornementaux géométriques créés par les artisans persans influencés indirectement par les mathématiciens grecs. De manière empirique, ils ont mis au point il y a cinq cents ans des techniques sophistiquées, comme celle du *girih* (pavage pentagonal), dont le modèle mathématique a été élaboré seulement en 1974 par Roger Penrose (pavage quasi périodique⁷). Il est aussi remarquable qu'on ait trouvé une similitude entre la structure de ces pavements quasi périodiques et la structure des quasi-cristaux découverts en 1982 lors d'observations à l'échelle des atomes⁸. Mais peut-on revenir à la question des formes, formes des objets, formes du mouvement, formes du son, etc. ?

Alain Berthoz. C'est tout le problème du concept de forme, forme acoustique, etc., qui se pose ici. La neurobiologie d'aujourd'hui fait du cerveau essentiellement un système d'oscillateurs couplés, vision très réductrice, mais

⁷ Roger Penrose, "Role of aesthetics in pure and applied research", Bulletin of the Institute of Mathematics and its Applications, vol. X, 1974.

⁸ Homeira Abrishami, *Génération de motifs persans*, thèse de doctorat en esthétique, sciences et technologies des arts, option images numériques, sous la direction de Marie-Hélène Tramus, Université Paris 8, 2010, p. 199-201.

tout de même s'approchant de la réalité. Elle décrit notre cerveau comme un ensemble de générateurs d'oscillations avec des fréquences allant de fractions d'hertz à des centaines d'hertz ; et ces réseaux oscillants sont en collaboration, compétition, résonance, etc. Cela signifie que l'image, dans le cerveau, d'une peinture, ce n'est pas une photocopie.

Nous travaillons actuellement avec le professeur Philippe Kahane⁹, en collaboration avec Jean-Philippe Lachaux¹⁰, à partir d'enregistrements intracrâniens réalisés à Grenoble sur des patients épileptiques. On sait maintenant que lorsqu'on perçoit une forme, on active des fréquences dans une bande dite gamma située entre 40 et 150-200 Hz. Donc le cerveau est une série d'oscillateurs. Non seulement on n'est plus dans la forme géométrique telle qu'elle figure sur le papier, mais on est dans l'espace-temps.

Le prix Nobel de médecine vient d'être donné pour leurs travaux sur l'hippocampe à John O'Keefe, May-Britt et Edvard Moser, qui ont découvert que dans le cortex entorhinal il y a des neurones qui codent l'espace suivant une grille répartie en triangles équilatéraux (c'est tout à fait géométrique). Pour expliquer cette distribution, certains modèles actuels proposent que ces neurones du cortex entorhinal reçoivent des activités oscillantes de fréquences différentes. L'interaction de ces différentes oscillations induirait, comme dans le cas des interférences lumineuses, des *patterns* spatiaux. Donc, si on veut aller au fond des choses pour comprendre ce que les artistes essaient de nous révéler, on ne doit pas se contenter, quand on emploie le mot « forme », de la simple idée de l'apparence des formes – un trait sur le papier, un geste de danseur, une mélodie. Le neurophysiologiste attire notre attention sur le fait que ces formes sont sous-tendues par des mécanismes complexes.

Marie-Hélène Tramus. Et qu'en est-il dans le domaine de la réalité virtuelle ? Au sens propre, celle-ci est fondamentalement vicariante. En anglais, comme Philippe Fuchs l'a souligné¹¹, *virtual reality* signifie « réalité vicariante », une réalité « à la place de ». Pour vous cette réalité virtuelle vicariante (pléonasme) serait-elle ainsi apte à créer aussi bien des mondes virtuels de simulation qui se substitueraient au monde réel (simulateur de vol, d'opération, de modélisation de molécules chimiques, etc.) que des mondes imaginaires inventés par des artistes, mondes dans lesquels des personnes sont immergées et en interaction ?

Alain Berthoz. Aujourd'hui, la combinaison technologie-créativité (pas seulement celle des artistes, mais aussi – et j'insiste là-dessus – celle des ingénieurs) a conduit à une multiplication formidable des techniques de réalité virtuelle, sous des aspects classiques (jeux vidéo à *joystick* ou manette par exemple), ou prenant en compte la participation du corps (exactement comme en art dans ce que vous appelez *performance*). Ces modes différents de réalité virtuelle font effectivement appel aux propriétés vicariantes du cerveau, dont la flexibilité permet non pas simplement d'enrichir la présentation du monde sur un

9 CHU de Grenoble, service de neurologie et de psychiatrie, unité épilepsie.

10 INSERM U1028 - CNRS UMR5292, équipe DYCOG du Centre de recherche en neurosciences de Lyon.

11 Philippe Fuchs, Alain Berthoz et Jean-Louis Vercher, « Introduction à la réalité virtuelle », *Le Traité de la réalité virtuelle*, « L'homme et l'environnement virtuel », Paris, Les Presses de l'École des mines de Paris, 2006 (3^e édition), vol. I, p. 3-21.

écran, mais de donner aux gens l'impression qu'ils sont vraiment dans un autre monde.

Marie-Hélène Tramus. Comment obtient-on cette illusion d'être dans cet autre monde ?

Alain Berthoz. La question des avatars aujourd'hui est pour moi une question majeure. Lorsque nous avons commencé à travailler ensemble sur *La Funambule*, nous étions dans un paradigme d'imitation. Aujourd'hui, on dirait plutôt sympathie, contagion émotionnelle, système miroir, etc. Peu à peu, avec vous, Michel Bret, Bérange Thirioux et Gérard Jorland¹², nous avons fait évoluer ce paradigme, car nous nous sommes aperçus de cette capacité du cerveau d'être non seulement en sympathie, mais en empathie (*Ein-füllung*), c'est-à-dire en capacité de se mettre dans le corps de l'avatar virtuel. Et nous avons fait émerger ainsi un nouveau dispositif qui est en ce moment même expérimenté chez l'enfant par Jean Xavier et Soizic Gauthier, dans le service de pédopsychiatrie de l'hôpital de la Salpêtrière du professeur David Cohen, en coopération avec le professeur François Villa, psychanalyste. Le problème de la projection de soi dans le corps et dans l'intention même de l'avatar est une question fascinante et difficile.

Actuellement, un chantier tout à fait passionnant est ouvert aux frontières entre les arts numériques et la neurologie, et même de la neurologie clinique classique, sur cette question de la capacité que nous avons de nous projeter à l'intérieur d'une créature artificielle. Il met en lumière la question du double, c'est-à-dire que nous sommes fondamentalement deux ; nous avons un deuxième nous-mêmes qui nous permet de rêver et pendant le rêve d'avoir une activité apparemment complètement réelle. Le cerveau n'a pas besoin du monde extérieur pour créer.

Sur cette question, j'ai aujourd'hui trois coopérations de travail en cours. La première, avec Étienne Armand Amato et Étienne Péreny, porte sur un avatar permettant une projection de soi-même dans le monde virtuel. La deuxième, avec François Garnier, de l'École nationale supérieure des arts décoratifs, et Simon Lambrey, psychiatre, vise à comprendre non seulement ce qui fait qu'on peut se projeter dans le monde virtuel, mais comment les avatars dans les mondes virtuels peuvent communiquer entre eux. François Garnier a réalisé des musées virtuels dans lesquels deux personnes, chacune chez elle, peuvent se projeter par l'intermédiaire de leurs avatars personnels et discuter entre elles devant un tableau virtuel. Il avait été frappé de voir à quel point cela était vécu comme une téléportation. Nous allons essayer de comprendre quels sont les facteurs qui permettent cette impression d'une communication sociale entre les avatars dans le monde virtuel. La troisième coopération, avec deux jeunes artistes, Claire Sistach et Soizic Sanson, qui s'immergent dans des mondes virtuels, porte elle aussi sur le problème de la communication. Donc le lien neurologie-psychiatrie-arts numériques sur cette question des avatars est enrichissant en ce qui concerne le thème réalités-illusion.

Ces travaux sont d'un très grand intérêt, non seulement parce que de nombreux jeunes d'aujourd'hui passent des heures dans des mondes virtuels à se

12 Bérange Thirioux, Gérard Jorland, Michel Bret, Marie-Hélène Tramus et Alain Berthoz, « Walking on a line : A motor paradigm using rotation and reflection symmetry to study mental body transformations », *Brain and Cognition*, vol. LXX, n° 2, 2009, p. 191-200.

créer un, voire plusieurs avatars pour jouer, mais aussi parce que ces pratiques apparaissent désormais dans le monde du travail. Il existe des usines virtuelles, dans lesquelles les gens font travailler ensemble leurs avatars, et aujourd'hui se développent même des universités virtuelles. Je voudrais insister sur l'importance à mener des recherches sur les mondes virtuels : en raison de leurs conséquences psychiatriques d'une part, parce qu'on peut les utiliser à des fins ludiques ou de médiation d'autre part, mais aussi parce qu'ils peuvent servir la propagande, ce à quoi on assiste aujourd'hui, avec des risques de manipulation pouvant induire au fanatisme.

Marie-Hélène Tramus. Il y a ce double, l'avatar, dans lequel nous nous projetons et qui permet de nous immerger dans les mondes virtuels ; il y a ces doubles, ces avatars qui nous permettent de discuter à distance en nous réunissant dans le virtuel comme si nous y étions réellement présents ; enfin il y a aussi cet « autre » artificiel qui serait capable d'une autonomie de comportement. Ainsi vous citez l'expérience du robot humanoïde HRP2 qui fait appel à ses jambes pour prendre un objet *a priori* hors de portée de sa main, sans que le recours aux jambes à cette fin soit programmé explicitement. Quelle perspective voyez-vous dans ces recherches ?

Alain Berthoz. Avec son équipe de robotique, Jean-Paul Laumond – qui a occupé la chaire d'innovation technologique au Collège de France pendant un an – a réalisé ce robot capable de trouver une solution vicariante. Dans ce cas, il s'agit typiquement d'une vicariance fonctionnelle. Aujourd'hui en matière de rééducation des troubles neurologiques, on a tendance à employer des robots, mais le problème, c'est que ces robots sont programmés et souvent entraînent les patients à la fonction prévue par le robot. On essaie ainsi de réparer la fonction lésée, alors qu'en réalité un bon robot de rééducation devrait être un robot qui laisse au cerveau du patient la possibilité, comme cet humanoïde-là, d'aller trouver une solution vicariante qui ne figure pas dans le programme de rééducation du robot.