

Extrait du Rhuthmos

<http://rhuthmos.eu/spip.php?article249>

Conceptions nouvelles du rythme dans les neurosciences contemporaines

- Rect

Date de mise en ligne : mercredi 25 août 2010



Rhuthmos

Cet article est un extrait d'une [étude](#) plus importante consacrée à l'émergence d'un nouveau paradigme rythmique. Étant donné l'ampleur de la littérature produite par les neurosciences, je me borne ici à lancer quelques coups de sonde en étudiant trois exemples qui semblent particulièrement significatifs de la mutation en cours.

Changements épistémologiques récents dans l'approche de la mémoire par les neurosciences

GEORGES CHAPOUTHIER

BIOLOGIE
DE LA MÉMOIRE



Depuis les années 1960 s'est accumulée une énorme littérature scientifique concernant la mémoire. Or, une petite synthèse extrêmement bien faite, proposée récemment par Georges Chapouthier, nous permet d'y repérer une mutation assez franche (Chapouthier, 2006).

Au niveau anatomique, fait remarquer Chapouthier, on est aujourd'hui capable de mesurer le rôle de nombreuses parties du cerveau dans les phénomènes de mémorisation (formation réticulée, thalamus, corps striés, système limbique, cortex préfrontal, bulbe olfactif, cervelet). Mais la plupart de ces structures ont des effets indirects (par exemple sur l'attention, la motivation). Seuls la formation réticulée et le système limbique semblent jouer un rôle direct : la première en facilitant la consolidation des apprentissages ; le deuxième le passage d'une mémoire immédiate à une mémoire à plus long terme (Chapouthier, 2006, p. 86). D'une manière générale, on ne sait toujours pas comment sont répartis « les lieux de stockage de la mémoire dans le cerveau ». Il est presque certain que la mémoire est « stockée » dans des zones très larges plutôt que dans une seule zone. Les anciennes expériences de Karl Spencer Lashley sur le cortex du rat aboutissaient à la conclusion qu'il n'existe apparemment, chez les animaux, aucune « bibliothèque centrale » de la mémoire comparable à ce qu'on appelle la « mémoire centrale » des ordinateurs. Chapouthier conclut : « Il paraît certes vraisemblable de penser que l'organisation même des innombrables réseaux nerveux qui constituent le cerveau a un rôle à jouer dans le codage de la mémoire, mais le détail précis de l'organisation anatomique de ces réseaux reste aujourd'hui encore inconnu. » (Chapouthier, 2006, p. 85)

Au niveau cellulaire, deux modèles de la consolidation des souvenirs ont été proposés par les chercheurs : la modification de l'activité des neurones (par « habitude » ou « sensibilisation »), comme ce qui a été trouvé chez l'aplysie, et la « potentialisation à long terme », telle qu'elle a été décrite dans l'hippocampe et dans la formation réticulée des rongeurs. Mais, comme le note le même auteur, « il reste que ces deux phénomènes, pour prometteurs qu'ils soient, ne peuvent évidemment rendre compte de toutes les finesses du codage de la mémoire à long terme » (Chapouthier, 2006, p. 109). Parallèlement, on s'est demandé si l'activité bioélectrique du cerveau (mesurée par EEG) peut jouer un rôle dans le codage de la mémoire, c'est-à-dire si l'organisation particulière des trains d'impulsions le long des voies nerveuses peut servir de mode de codage aux différents éléments mémorisés. Des trains d'influx circuleraient dans les réseaux nerveux le long de boucles qualifiées de *circuits réverbérants* (Lorente

de No) ou de *métacircuits* (Barbizet) et constitueraient des « engrammes dynamiques » de la mémoire (Chapouthier, 2006, p. 108). Malheureusement, s'il est vraisemblable « que la mémoire portée par un code bioélectrique existe », il semble bien que cette forme de mémoire dure peu : « Elle constitue une phase pendant laquelle la trace mnésique est labile et peut être aisément effacée. Elle est suivie par une phase où la mémoire est stable, puis "consolidée", et qui doit être d'une autre nature. » (Chapouthier, 2006, p. 109)

Au niveau moléculaire, on a, au cours d'une première période, cherché à comprendre la « neurochimie des processus mnésiques ». Inspirés par les succès de la biologie moléculaire et de sa démonstration que l'information innée était codée dans des molécules d'ADN des chromosomes, les chercheurs ont voulu trouver des bases chimiques de l'information acquise lors de la mémorisation. À la suite du Suédois Holger Hyden, de nombreux travaux ont ainsi visé à mettre en évidence un codage de la mémoire dans les macromolécules du cerveau (Agranoff sur les poissons rouges, les Flexner sur la souris, McConnell sur la planaire, Ungar sur les rongeurs, etc.). Ce programme de recherche n'a apparemment pas donné les résultats escomptés. Selon Chapouthier, le travail de René Misslin et de ses collaborateurs, en 1978, « a mis un point final à l'idée, somme toute assez simpliste, que des molécules puissent, à elles seules, contenir l'intégralité du code de l'information mémorisée » (Chapouthier, 2006, p. 135). C'est pourquoi, les travaux les plus récents visent désormais une étude plus modeste du rôle de certains peptides, de médiateurs comme l'acétylcholine, le glutamate, la noradrénaline, la dopamine et le GABA, dans la modulation de l'apprentissage et des phénomènes de mémoire.

Enfin - et je quitte là la synthèse de Chapouthier - au niveau génétique et morphogénétique, les modèles considérant la mémoire comme une capacité unitaire (une « faculté » comme l'imagination et la raison) ont laissé la place à des modèles intégrant une multiplicité de mémoires d'origines évolutives différentes et à une construction du cerveau par vagues successives entrecroisant influences génétiques et épigénétiques. Comme le fait remarquer Alain Prochiantz : « L'idée que le cerveau est un organe achevé, irrémédiablement, à la fin de la puberté est morte. Cela permet d'inscrire l'histoire de l'individu dans un renouvellement et une modification permanents de la matière cérébrale. » (Prochiantz, 2001, p. 11 ; même idée chez Changeux, 2002, p. 301) Prochiantz milite pour une position inspirée de Claude Bernard qui suppose « l'existence de deux mouvements, un mouvement de destruction et un mouvement de construction qui permettrait de créer la forme organique de façon continue, dans un processus permanent - y compris chez l'adulte - de création vitale » (Prochiantz, 2001, p. 44). Il note que la neurogenèse la plus importante se produit parmi les trois sous-populations d'interneurones GABAergiques du bulbe olfactif, du gyrus denté de l'hippocampe et du cortex associatif, toutes régions caractérisées par une capacité d'apprentissage permanent. La capacité de mémoire pourrait donc être liée « au renouvellement de ces interneurones ou, ce qui n'est pas contradictoire, au maintien de leur caractère immature, c'est-à-dire à l'absence d'une période critique qui gèlerait irréversiblement la capacité d'adaptation » (Prochiantz, 2001, p. 95).

Ce bref résumé de l'évolution des recherches sur la mémoire met en évidence un phénomène tout à fait saisissant : le basculement général, non concerté mais relativement homogène des formes de raisonnement employées par les neurosciences. Que ce soit au niveau anatomique, cellulaire ou moléculaire, on a abandonné l'idée de trouver des *constituants élémentaires* de la mémoire (des structures anatomiques, des réseaux synaptiques figés, des briques moléculaires) et on s'est de plus en plus intéressé au *fonctionnement global* de l'ensemble des parties du cerveau, aux *trains d'influx qui circulent* dans les réseaux nerveux, aux *substances qui modulent* l'activité d'apprentissage ou de remémorisation. De même, au niveau génétique, la plupart des chercheurs rejette aujourd'hui l'idée qu'un programme déterminerait entièrement la morphogenèse du cerveau au profit de l'idée que la *dimension épigénétique module l'expression de l'information* contenue dans les gènes, à travers en particulier l'action des gènes de développement.

Dans tous ces travaux, la mémoire apparaît donc de moins en moins comme une construction faite d'éléments qu'il serait possible d'individualiser en dehors de leur fonctionnement, et de plus en plus comme une activité constante et organisée, dont les modulations définissent la nature, variable dans certaines limites, des éléments qui y apparaissent et disparaissent en permanence. La question n'est plus de définir l'identité d'éléments stables qui

entreraient ensuite dans un fonctionnement interactif, mais d'identifier *les spécificités et les qualités de l'organisation de ce fonctionnement* qui permettent de définir *la manière dont les éléments sont individués*. Les neurosciences sont donc ici passées de modèles associant individualisme méthodologique et systémisme à un modèle que l'on peut appeler rythmique.

Changements épistémologiques récents dans l'approche de la conscience par les neurosciences : Jean-Pierre Changeux



Le deuxième exemple que je voudrais explorer est celui de « la physiologie de la connaissance » (selon la version américain, plus heureuse ici que la version française qui parle d'une manière un peu obscure de « physiologie de la vérité ») proposée par Jean-Pierre Changeux dans son livre *L'Homme de vérité* paru en 2002. Celle-ci nous montre le mouvement de création épistémologique en cours dans les neurosciences à l'état naissant, c'est-à-dire encore pris, en partie, dans des conceptions anciennes.

Changeux fonde sa physiologie de la connaissance sur l'hypothèse que des « pré-représentations » jailliraient en permanence dans « l'espace de travail » neuronal situé dans le cortex pré-frontal en mobilisant « de manière *combinatoire*, des structures innées (comme les diverses modalités sensorielles, et/ou les zones motrices) ainsi que des distributions neuronales issues d'expériences antérieures » (Changeux, 2002, p. 94). Ces pré-représentations seraient ensuite testées et évaluées par une confrontation avec la réalité du monde. En fonction du signal reçu lors de cette confrontation, une pré-représentation donnée pourrait être à son tour stabilisée, ou non (Changeux, 2002, p. 97). Les pré-représentations ayant réussi ces tests seraient alors stockées sous formes de « cartes de relations fonctionnelles matérialisées par un réseau neuronal distribué et variable. Un modèle réduit et simplifié, neuronal et donc physique, de la réalité extérieure serait ainsi sélectionné et mis en mémoire dans le cerveau. Ces objets de mémoire existeraient "réellement" dans notre cerveau sous des "formes" latentes, composées de traces neuronales stables » (Changeux, 2002, p. 98).

Mais le rôle de « l'espace de travail conscient » ne s'arrêterait pas là, car lorsqu'elles seraient rappelées dans cet espace les représentations stockées seraient de nouveau soumises à un travail de sélection : « Les neurones de l'espace de travail situés dans le cortex préfrontal mettent à l'épreuve les hypothèses ou les pré-représentations internes qui fournissent un contexte pour la réactivation par l'hippocampe de souvenirs stockés dans le cortex cérébral, dans des domaines directement ou indirectement liés à la perception sensorielle ou à l'action motrice. Quand les souvenirs adéquats sont retrouvés et que la sanction de l'évaluation interne est positive (récompense), ils sont alors intégrés aux représentations de l'espace de travail via l'hippocampe. » (Changeux, 2002, p. 161)

Arrêtons-nous un instant sur cette première description. On y voit nettement Changeux hésiter entre deux points de vue : d'un côté, les « représentations » seraient portées par des « cartes neurales », qu'il serait possible de

distinguer les unes des autres comme des éléments discrets, et qui « existeraient "réellement" dans notre cerveau sous des "formes" latentes, composées de traces neuronales stables » ; de l'autre, le cerveau et ses différentes parties fonctionneraient en permanence et c'est au cours de cette activité continue et variable que seraient « triées », « stockées » et éventuellement « remobilisées » les différentes « pré-représentations ». Il me semble que nous nous situons ici exactement sur l'une des grandes lignes de partage des eaux épistémologiques qui traversent aujourd'hui les neurosciences. Malgré les précautions prises, les notions de « carte » et de « représentation » tirent la pensée en arrière en faisant réapparaître la vieille idée associationniste selon laquelle les états de conscience seraient assimilables à des entités fixes et délimitables, ainsi que l'idée plus récente mais non moins obsolète issue de la comparaison avec les ordinateurs, qu'il existerait quelque part une « bibliothèque ou une base de données mémorielle » composée d'éléments distincts et statiques.

Toutefois, dans le même temps, on voit apparaître les prémisses d'une conception intégralement dynamique pour laquelle les souvenirs et plus généralement les états de conscience ne constitueraient pas des entités plus ou moins stables, en tout cas clairement distinctes les unes des autres, mais devraient être conçues sous le signe d'une individuation-désindividuation toujours en cours. On passe ainsi d'une conception intellectuelle alliant, du reste de manière peu rigoureuse, deux logiques proches de l'individualisme méthodologique et de la cybernétique à une autre que l'on pourrait appeler rythmique - au sens du *rhuthmos*, c'est-à-dire de manière de fluer.

Changeux fournit d'ailleurs tout un ensemble de données qui militent dans ce sens. Il rappelle, par exemple, que l'éveil du cerveau et le passage à la pleine conscience commence par une activation des neurones du tronc cérébral, dont les neurones à acétylcholine qui se transforment alors en « fontaine de neurotransmetteurs » (S. Greenfield) qui vont se lier à des récepteurs des neurones du thalamus. Stimulés par cette arrivée d'acétylcholine, les neurones du thalamus passe du mode oscillatoire lent et régulier propre au sommeil aux ondes rapides et irrégulières de l'éveil. La conscience, la mise en mémoire et la remémoration, peuvent donc être décrites comme trois aspects d'une même « une activité intrinsèque spontanée engendrée par des oscillateurs neuronaux. Cette activité est modulée et non construite, comme aurait dit Condillac, par les signaux évoqués par les sens » (Changeux, 2002, p. 126).

Par ailleurs, les neurones possèdent une activité spontanée importante. Même en l'absence d'entrées sensorielles, il existe une activité corticale soutenue et les réseaux du cortex passent par divers états manifestés par l'activation cohérente d'assemblées neuronales distinctes. De nombreux travaux, dont ceux de Francisco Varela et de ses collaborateurs, ont montré que cette activité n'est jamais désordonnée : « La synchronisation temporelle de la décharge des neurones - la cohérence de leur activité - crée une intégration et une coordination entre les populations de neurones connectés de manière réciproque. » (Varela, 2001, cité par Changeux, 2002, p. 88)

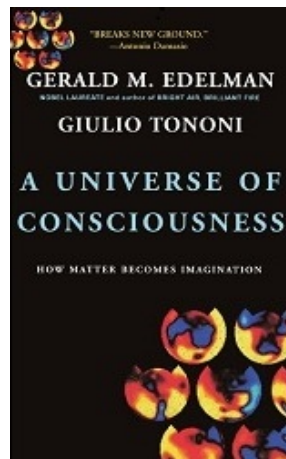
Enfin, les données électrophysiologiques concernant les neurones corticaux montrent une certaine diminution de la variabilité de leur activité spontanée au fur et à mesure de l'apprentissage. Le taux d'impulsion moyen des populations de neurones, la distribution précise dans le temps des impulsions et la corrélation des impulsions augmentent avec la prédiction de la réponse apprise : « Une coordination plus importante de l'activité individuelle des neurones se met donc en place à la suite de l'apprentissage d'une performance. » (Changeux, 2002, p. 106)

Dans tous ces cas, il ne s'agit donc pas tant d'une *stabilisation cartographique* ni même d'une *inscription dans un système de stockage fonctionnel*, que d'une certaine *façon à la fois cohérente et diversifiée d'organiser l'activité toujours en cours d'une population neuronale*. Ainsi, plutôt qu'à des « cartes neurales », on peut penser qu'on a affaire avec la conscience ainsi qu'avec la mémoire à une coordination ou, mieux encore à une *manière*, à la fois intégrée et variée, d'organiser l'activité de diverses populations de neurones.

Sans que cela soit réellement thématiquement apparaît donc ici l'idée que ce qui permet au cerveau de lier et de délier les assemblées de neurones qu'il contient, et de soutenir ainsi l'exercice de la conscience et de la mémoire, ce sont *les manières de fluer qu'il donne à leur activité spontanée*. Ce que l'on croyait être « le tri » puis le « stockage » et enfin

le « déstockage » de « représentations », ou pour le dire autrement le passage des représentations de l'espace de travail et de la mémoire immédiate à la mémoire à long terme et vice versa (comme s'il s'agissait uniquement d'un changement de lieu physique d'un élément dans le cerveau et qui se ferait sans changement d'état), semble plutôt lié à *des modulations de l'activité des réseaux de neurones, des formes d'activité différentes*. Pour le dire autrement, au lieu de voir la conscience et la mémoire comme manipulant *des individus relativement stables stockés ou maintenus « en ligne » de manière statique et intégrale à différents endroits du cerveau*, on doit les concevoir comme *des capacités d'orchestration et de modulation technique de l'activité des populations neuronales, qui permettent d'individualiser-désindividualiser des entités-souvenirs ou des entités-consciences*. Comme dans le cas de la mémoire, les nouvelles théories neuroscientifiques de la conscience substituent donc une conception rythmique à leurs conceptions individualistes et systémiques antérieures.

Changements épistémologiques récents dans l'approche de la conscience par les neurosciences : Gerald Edelman et Giulio Tononi



Passons à notre dernier exemple. En 2000, Gerald Edelman et Giulio Tononi ont publié un ouvrage de synthèse qui a fait date, aussi bien par la qualité de sa documentation que par les vues extrêmement novatrices qu'ils y exposaient : *A Universe of Consciousness. How Matter Becomes Imagination*. Or, contrairement à celle proposée par Changeux qui restait encore marquée, nous venons de le voir, par une certaine hésitation épistémologique, cette synthèse adopte avec résolution un point de vue intégralement dynamique.

D'une part, Edelman et Tononi ne cessent de répéter que le flux de la conscience n'est pas constitué de « représentations » qui seraient comme des entités élémentaires et stables à partir desquelles on pourrait la reconstruire. De l'autre, ils ne perdent jamais une occasion de marteler que le cerveau ne fonctionne pas non plus comme un ordinateur : « Notre revue rapide de la neuro-anatomie et des dynamiques neuronales montre que le cerveau possède des caractéristiques d'organisation et de fonctionnement qui sont sans rapports avec l'idée selon laquelle il suivrait un ensemble précis d'instructions ou pratiquerait un ensemble de calculs. » (Edelman-Tononi, 2000, p. 47) Ni favorables à une logique individualiste, ni partisans d'un systémisme cybernétique, Edelman et Tononi tracent avec vigueur les contours d'une théorie que l'on peut sans abus, de nouveau, caractériser de « rythmique ».

Ils soulignent tout d'abord l'importance de l'organisation anatomique du cerveau. La plupart des groupes de neurones, au moins dans le système thalamocortical, sont reliés de manière réciproque. Aussi ces interconnexions fournissent-elles une base structurale à un phénomène fondamental : la « réentrée » [*reentry*], terme qui désigne « le processus de circulation de signaux en aller et retours le long de connexions réciproques, qui offre la clé du problème de l'intégration des diverses propriétés fonctionnellement distinctes des zones du cerveau alors qu'il n'existe pas de zone de coordination centrale » (Edelman-Tononi, 2000, p. 44).

Cette circulation réentrante des signaux à l'intérieur du cortex et du thalamus, soutenue par des changements rapides dans l'efficacité des synapses et par une activité spontanée interne au réseau, constituerait le processus principal qui permettrait à la conscience de se former : « La réentrée peut établir rapidement un processus transitoire et globalement cohérent. Celui-ci se caractérise par des interactions fortes et rapides parmi les groupes neuronaux du cortex et du thalamus qui y participent et émerge à partir d'un seuil d'activité bien défini » (Edelman-Tononi, 2000, p. 119). Afin de produire rapidement ses effets (en 100-200 millisecondes), la réentrée aurait toutefois besoin d'être maintenue constamment à un certain niveau : « Ce phénomène se produit seulement si les neurones sont maintenus en état d' "alerte" par une activité incessante, c'est-à-dire, si les boucles réentrantes entre le thalamus et le cortex ou entre différentes ères corticales qui sont des connexions dépendant du voltage sont réellement activées » (Edelman-Tononi, 2000, p. 171).

La réentrée mènerait alors à la formation d'un « amas fonctionnel » [*functional cluster*] caractérisé par de fortes interactions mutuelles entre une série de groupes neuronaux sur une période de quelques centaines de millisecondes, qui serait, selon Edelman et Tononi, le principal corrélât neuronal de l'expérience de la conscience (Edelman-Tononi, 2000, p. 139). Cet amas fonctionnel serait dynamique, toujours changeant dans sa composition précise, mais cohérent et durable (Edelman-Tononi, 2000, p. 119).

Anatomiquement parlant, cet amas fonctionnel semble se développer principalement dans le système thalamo-cortical (Edelman-Tononi, 2000, p. 139 et 144). Mais à chaque instant, seul un sous-ensemble de groupes neuronaux - même si ce sous-ensemble est toujours d'une taille relativement importante - contribuerait directement à l'expérience consciente. Une part significative de l'activité neuronale se produirait donc sans contribuer directement à l'expérience de la conscience (Edelman-Tononi, 2000, p. 142).

Physiologiquement parlant, Edelman et Tononi proposent de caractériser l'amas fonctionnel par sa « complexité ». Ce concept caractérise quelque chose qui se trouve organisé d'une manière qui n'est ni purement aléatoire ni complètement régulière : « Seul quelque chose qui paraît être à la fois ordonné et désordonné, régulier et irrégulier, variable et invariable, constant et changeant, stable et instable, mérite d'être appelé complexe. » (Edelman-Tononi, 2000, p. 135) Une forte complexité est caractéristique de tous les systèmes générés par la vie, depuis la plus petite cellule jusqu'au cerveau et aux sociétés humaines. En revanche, les systèmes qui ne sont pas intégrés (comme les gaz) ou pas spécialisés (comme les cristaux homogènes) possèdent une complexité minimale.

Le cerveau constitue, en ce qui le concerne, un système hautement complexe parce qu'il peut atteindre « une synthèse optimale de spécialisation et d'intégration fonctionnelles » (Edelman-Tononi, 2000, p. 131). En effet, dans ce type de système, « chaque sous-ensemble peut connaître différents états tout en gardant chaque fois une influence sur le reste du système » (Edelman-Tononi, 2000, p. 130). Ce phénomène implique que tous les sous-ensembles peuvent travailler indépendamment mais qu'ils peuvent aussi simultanément interagir et s'unir dans une activité cohérente : « Différentes ères et différents groupes de neurones font différentes choses (ils sont différenciés), au même moment ils interagissent et font émerger une scène consciente unifiée ainsi que des comportements unifiés (ils sont intégrés). » (Edelman-Tononi, 2000, p. 131) Ainsi, un cerveau complexe est « comme un ensemble de spécialistes qui parlent beaucoup entre eux » (Edelman-Tononi, 2000, p. 136).

En fait, le cerveau n'est pas toujours engagé dans une activité complexe. La conscience représente seulement une partie de notre vie mentale qui suit un cycle plus ou moins régulier : « La conscience est ce qui vous abandonne tous les soirs quand vous vous endormez et qui réapparaît tous les matins quand vous vous réveillez. » (Edelman-Tononi, 2000, p. 3) Quand nous dormons, nous ne sommes pas conscients. Pendant le sommeil profond, les mesures par EEG montrent des ondes régulières et lentes, ce qui signifie que l'activité de nos neurones devient plus régulière et moins complexe, c'est-à-dire à la fois moins différenciée et moins bien intégrée. Au contraire, quand nous rêvons et surtout quand nous nous réveillons, l'EEG montre des ondes irrégulières et rapides. Ce phénomène indique une activité neuronale qui redevient simultanément intégrée et très différenciée ; la complexité augmente de nouveau ; la conscience réapparaît (Edelman-Tononi, 2000, p. 134).

Des millions d'« états de consciences », c'est-à-dire de brèves configurations d'interactions neuronales, durant chacune quelques centaines de millisecondes, commencent à se suivre les uns les autres. Toutefois, ces états de conscience sont si brefs et, grâce aux phénomènes de réentrée, si bien imbriqués les uns dans les autres, qu'ils ne nous apparaissent pas comme des « états » mais sous la forme d'un flux de conscience continu, dont la pulsation complexe est toutefois enregistrable grâce à l'EEG. Edelman et Tononi appellent la population de neurones à la fois vibrante, variable et intégrée, qui supporte ces états de conscience, « le coeur ou le noyau dynamique » [*dynamic core*].

En s'appuyant sur ces premières analyses, Edelman et Tononi proposent alors une théorie du flux de la conscience. Selon eux, la conscience est composée d'une succession de *qualia*, c'est-à-dire de qualités spécifiques de l'expérience subjective, du type de ce que nous percevons comme une rougeur, une hauteur d'un son, une chaleur ou une douleur. Chaque expérience consciente différentiable représente un *quale* différent, qu'il s'agisse d'une sensation, d'une image, d'une pensée ou encore d'une humeur. Or, « chaque *quale* correspond à un état différent du coeur dynamique, qui peut être distingué entre des milliards d'autres états au sein de l'espace neuronal qui comprend un nombre très important de dimensions » (Edelman-Tononi, 2000, p. 156).

Comme le système peut choisir, extrêmement rapidement, dans un large répertoire d'états cohérents possibles et disponibles pour le coeur, il se forme ainsi une trajectoire reliant ces états : « Tout point distinct dans l'espace à N-dimensions défini par le coeur dynamique renvoie à un état conscient, pendant qu'une trajectoire joignant des points dans cet espace correspondrait à une séquence d'états conscients arrivant dans le temps. » (Edelman-Tononi, 2000, p. 168)

Ainsi, le flux de la conscience suivrait la trajectoire reliant les séquences de *qualia* dont les séries d'états globaux des populations du coeur dynamique constitueraient les corrélats neuronaux : « Puisqu'un coeur dynamique constitue un processus unifié et hautement intégré, il doit se mouvoir d'un état global à un autre. En d'autres mots, son évolution temporelle doit suivre une trajectoire singulière, et les moments de ce qui peut apparaître comme des "décisions" ou des "choix" ne peuvent avoir lieu que les uns après les autres, jamais simultanément. » (Edelman-Tononi, 2000, p. 151)

Toutefois, cet espace neuronal à N-dimensions serait lui-même simultanément en train de changer et de s'enrichir grâce au développement et à l'expérience, qui peuvent être vus « comme un accroissement progressif de la complexité du coeur dynamique, à la fois en termes de nombres de dimensions disponibles et de nombre de points dans l'espace à N-dimensions correspondant, qui peuvent y être différenciées » (Edelman-Tononi, 2000, p. 175).

Après avoir fait le tour du fonctionnement du coeur dynamique, qui constitue le corrélat neuronal du fonctionnement de la conscience, Edelman et Tononi examinent encore plusieurs types de processus neuronaux, cette fois inconscients : les routines motrices et cognitives, les souvenirs inconscients, les intentions et les attentes. Du fait de leurs interactions avec le coeur dynamique, ces processus peuvent en effet influencer sur l'expérience consciente (y compris sur la mémoire) ou être influencés par lui. Ils représentent un second aspect de l'activité mentale sans lequel il serait impossible de comprendre le fonctionnement complet de l'esprit. Les processus qui se déroulent dans le coeur dynamique utilisent des ressources qui sont hors de leur portée directe mais qui n'en sont pas moins liées à eux à travers de longues boucles neuronales parallèles qui traversent les appendices [*appendages*] du cortex, tels que les glandes basales et le cervelet. D'où la pertinence de ce que Edelman et Tononi appellent le « scénario jamesien » : « Les dynamiques du coeur peuvent être puissamment affectées par une série de routines neuronales qui sont déclenchées par différents états du coeur et qui, une fois menées à leur terme, permettent à leur tour de produire de nouveaux états du coeur. » (Edelman-Tononi, 2000, p. 176)

L'avant-dernier chapitre du livre examine la question : « Qu'est-ce qui se passe dans votre tête quand vous avez une pensée ? » (Edelman-Tononi, 2000, p. 200). La réponse qui y est faite est prudente mais lumineuse. Aux

interactions entre les dynamiques complexes du coeur et les processus inconscients qui lui restent extérieurs, Edelman et Tononi ajoutent une différenciation-superposition à l'intérieur du coeur de deux types de conscience : la conscience primaire dont disposent les animaux et la conscience secondaire, dont sont en plus dotés les humains.

Ainsi la pensée est-elle en prise non seulement sur des processus inconscients mais aussi sur des processus conscients que nous partageons avec les animaux : « La plupart des pensées émergent en présence d'une rumeur, même si elle est souvent sourde, de la vie mental 1 [conscience primaire]. » (Edelman-Tononi, 2000, p. 203) Par exemple, si nous pensons à des images ou à des mots, « il y a toujours en arrière-plan, le bruissement parallèle de la perception, des sentiments, de l'humeur et des souvenirs flottants » (Edelman-Tononi, 2000, p. 203). Bien sûr, ce bruissement peut être fortement réduit par les mécanismes de l'attention, mais une pensée spontanée constitue toujours une dynamique complexe. Ce qui maintient une pensée en mouvement est « une combinaison serrée de perceptions, d'attentions, de souvenirs, d'habitudes et de récompenses, y compris d'aspects d'apprentissages précédents » (Edelman-Tononi, 2000, p. 203). C'est un riche mélange de souvenirs, d'émotions, de croyances, de désirs et perceptions et d'éléments cognitifs, conduits par la force vitale des appétits animaux : « La force qui conduit le tissage de ce tissu remarquable est toujours fournie par l'intrication de la conscience primaire et de la mémoire elle-même, sans parler des appétits animaux. » (Edelman-Tononi, 2000, p. 205)

Il me semble que ce troisième exemple montre de manière tout aussi claire que les deux précédents la nature du basculement épistémologique en train de se produire dans les neurosciences. Pour Edelman et Tononi, celles-ci doivent impérativement abandonner aussi bien leurs vieilles conceptions associationnistes et représentationnalistes, que toutes les conceptions de type cybernétiques liées à la comparaison avec l'ordinateur, et adopter un modèle formel qui leur permette de penser la forme des dynamiques en cours, la spécificité des manières d'organiser le flux des interactions neuronales, c'est-à-dire en dernière analyse un modèle rythmique.

Un problème en suspens : l'organisation de la pensée

Une observation des neurosciences même aussi superficielle que celle qui vient d'être proposée permet d'y mettre au jour une mutation fondamentale à la fois des objets, des modes d'observation et des formes conceptuelles. Il reste que ce mouvement épistémologique est loin d'être achevé. Non seulement, nous observons dans ces sciences des hésitations et, parfois, quelques retours vers des positions antérieures, mais il n'est pas sûr que les solutions adoptées pour faire face au défi que leur lance le primat du dynamique soient toutes aussi adaptées à la tâche qui leur est assignée.

Pour le montrer, je partirai d'une discussion des conceptions de la pensée proposées par Edelman et Tononi. Bien que le modèle théorique présenté par ces derniers représente certainement une avancée épistémologique remarquable, il laisse toutefois un certain nombre de questions sans réponses : il nous fournit une description très puissante des processus neuronaux qui semblent soutenir la conscience ; il nous montre combien ces processus sont à la fois intégrés et différenciés, c'est-à-dire complexes ; il nous montre aussi comment ils progressent au sein du coeur dynamique à l'image de tourbillons de signaux pris dans d'autres tourbillons de signaux, liant cette fois le coeur à ses appendices extérieurs, et comment ils produisent finalement une « scène consciente ». Mais ils ne nous disent pas grand chose sur les moments de « choix » par lesquels, toutes les quelques centaines de millisecondes, le cerveau sélectionnerait un état de conscience particulier parmi des milliards d'autres possibles, assurant ainsi le progrès d'un procès de conscience particulier.

Edelman et Tononi rejettent avec raison toute idée d'un « homuncule » guidant les mouvements du coeur dynamique et sélectionnant chaque état suivant parmi tous les états de conscience possibles, ce qui constituerait une explication purement verbale du type de la « vertu dormitive » du pavot. Les raisons du « choix » doivent être comprises comme immanentes au système composé du coeur dynamique, des routines inconscientes qui lui sont

associées, et, au-delà, du corps tout entier de l'individu voire de l'environnement dans lequel il évolue. Mais, sauf erreur de ma part, la seule représentation qu'ils donnent de ce processus de choix immanent se réfère à un procès adaptatif d'adéquation entre des circuits neuronaux plus ou moins stabilisés et la réalité extérieure : « L'ensemble de relations dynamiques entre des groupes de neurones fonctionnellement spécialisés doit d'abord être développé, sélectionné et raffiné au cours d'un long processus d'adaptation au monde extérieur. Ce processus prend place pendant l'évolution, le développement et l'expérience à travers de nombreux mécanismes de variation, sélection et amplification différentielle qui accompagnent les interactions continues entre le corps, le cerveau et l'environnement [...] Il devient, au cours du temps, adapté et relié à la structure statistique de l'environnement. » (Edelman-Tononi, 2000, p. 137)

Il faut ouvrir ici une parenthèse : il est juste de signaler que pour Edelman et Tononi, contrairement à ce que soutient quant à lui Changeux sur des bases sélectionnistes par ailleurs relativement proches, ce processus d'adéquation ne se traduit pas par des représentations du monde extérieur qui seraient stockées et réutilisées quand cela est nécessaire, mais seulement par une transformation progressive et adaptative de l'ensemble de l'activité neuronale qui, bien qu'elle varie sans cesse, constitue, comme l'avait déjà vu Bergson, un flux continu depuis les premiers mois de la vie de l'embryon jusqu'à la mort de l'individu : « Les signaux extrinsèques convoient de l'information non pas tant par eux-mêmes que par la manière dont ils modulent les signaux intrinsèques échangés à l'intérieur d'un système neuronal résultant d'une expérience antérieure. En d'autres mots, un stimulus agit non pas tant en ajoutant d'importantes quantités d'information extrinsèques qui serait à intégrer qu'en amplifiant l'information intrinsèque résultant des interactions neuronales sélectionnées et stabilisées par la mémoire au cours des rencontres précédentes avec l'environnement. » (Edelman-Tononi, 2000, p. 137)

Autrement dit, la mémoire ne devrait pas être vue comme une fonction séparée du cerveau, localisée dans des zones précises, qui permettrait de stocker des souvenirs et de les retrouver lorsque cela serait nécessaire. Elle constitue une modalité parmi d'autres du travail de ce dernier qui, lorsqu'il est confronté aux nécessités d'une situation particulière, recrée un ou plusieurs états de conscience qu'il a déjà connu(s) dans le passé. Un souvenir serait donc « similaire » à des états de conscience précédents non pas dans le sens où il serait supporté par les mêmes circuits neuronaux - il est même très probable que des circuits à chaque fois différents soient impliqués lorsqu'un souvenir est « rappelé » - mais uniquement dans la mesure où il produirait les mêmes conséquences mentales et motrices. La similarité serait dans le résultat ou dans la « cause finale » comme aurait dit Aristote (Edelman-Tononi, 2000, p. 93).

Une telle similarité téléologique serait rendue possible, selon Edelman et Tononi, par le fait que le cerveau tisserait sans cesse de grandes quantités de circuits neuronaux plus ou moins redondants, qui constitueraient de très vastes « répertoires » dans lesquels il pourrait puiser lorsque, sous l'impulsion d'un signal venant du monde, d'une autre partie du cerveau ou du corps, il aurait besoin de reproduire un effet mental ou moteur particulier. Pour le dire autrement, le cerveau serait la source et le lieu d'une profusion de circuits qui auraient la capacité de produire le même résultat. Edelman et Tononi appellent cette propriété « dégénérescence » [*degeneracy*] (Edelman-Tononi, 2000, p. 86). Cette profusion de circuits serait, elle-même, soumise à un constant processus de transformation au gré des « expériences » qui s'accumulent tout au long de la vie, ainsi que de l'action d'un « système de valeurs » ayant son origine dans le locus coeruleus (Edelman-Tononi, 2000, p. 89). Celui-ci relâcherait des neuromodulateurs fournissant les contraintes nécessaires à ce que ce tri prioritairement destiné à améliorer les capacités de survie de l'individu se fasse également en accord avec les structures qui ont été sélectionnées pendant le temps long de l'évolution de l'espèce.

De ce point de vue, la mémoire serait clairement non représentationnelle (Edelman-Tononi, 2000, p. 93). La mémoire résulterait « d'un accord sélectif qui se produit entre une activité neuronale distribuée et incessante, et différents signaux qui proviennent du monde, du corps et du cerveau lui-même. Les altérations synaptiques qui s'en suivent affectent les réponses futures d'un cerveau particulier à des signaux similaires ou différents. Ces changements se reflètent dans la capacité à répéter un acte mental ou physique après quelque temps malgré un

contexte changeant, par exemple, en "rappelant" une image » (Edelman-Tononi, 2000, p. 95). La mémoire aurait donc moins à voir avec un stockage et un déstockage de représentations d'objets ou d'événements qu'avec la création de répertoires de circuits en transformation constante et qui pourraient reproduire des effets passés. Elle constituerait « une forme de recatégorisation constructive pendant que l'expérience a lieu, plutôt qu'une réplique précise d'une séquence précise d'événements » (Edelman-Tononi, 2000, p. 95). Elle impliquerait au fond une capacité à se projeter dans l'avenir : « Tout acte de perception est, d'une certaine manière, un acte de création, et tout acte de mémoire est, en quelque sorte, un acte d'imagination. » (Edelman-Tononi, 2000, p. 101)

On voit en quoi cette conception corrobore les conclusions exposées plus haut concernant l'évolution générale des études neuroscientifiques. Elle s'inscrit nettement en faux contre toutes les conceptions élémentaristes et prend le parti d'une conception intégralement dynamique et globalisante de la pensée. Mais - et je referme ici la parenthèse -, tout cela ne change rien au problème évoqué plus haut : le « choix » immanent au coeur dynamique et à ses dépendances, c'est-à-dire le principe même du développement de la pensée au sein de la conscience, reste lié à un processus d'adéquation purement statistique à la réalité intérieure ou extérieure.

En dernière analyse, rien dans cette théorie n'explique le fait qu'une pensée ne se développe pas seulement à travers une stratégie de reconnaissance par tâtonnements suivant une logique de l'essai et de l'erreur, mais qu'elle possède aussi une certaine consistance et une cohérence propres, c'est-à-dire *une manière particulière de fluer* qui ne doit pas nécessairement toutes ses qualités aux contraintes que fait peser sur l'individu la nécessité d'une adéquation correcte avec la réalité extérieure présente ou passée. Le processus de sélection qui permet au coeur dynamique de choisir son prochain état global parmi des milliards ne peut se résumer à un procès progressif d'adéquation avec la réalité ; il doit aussi comprendre des vérifications ou des comparaisons avec des états antérieurs du coeur dynamique, ainsi peut-être qu'avec des états potentiels qui ne sont pas encore actualisés.

En d'autres termes, même si nous acceptons une conception profusionniste et sélectionniste de la pensée, il reste encore à expliquer la cohérence et la consistance que celle-ci tire de la capacité du cerveau (ou plus largement du corps ?) de se rappeler, mais aussi, indissociablement, de vouloir, de désirer et d'imaginer. Ces dernières dimensions de la vie du cerveau sont à peine mentionnées par Edelman et Tononi, et des clés importantes manquent donc encore pour comprendre les forces qui donnent à une succession d'états de conscience une certaine direction, une certaine manière de se développer ou, pour le dire autrement, une suite de raisons de choisir le prochain état de conscience parmi des milliards d'autres.

Bien qu'il conserve la douteuse notion de "représentation" qui vient sans cesse freiner le mouvement qui le porte vers une conception pleinement rythmique, et bien qu'il ne prête pas non plus beaucoup d'attention à la volonté, au désir et à l'imagination, Changeux a le mérite de proposer deux concepts pour rendre compte de cette organisation téléologique du flux de la conscience : les concepts de « mélodie » et d'« harmonie d'ensemble ».

Lorsqu'il aborde l'organisation du flux mental à l'intérieur de ce qu'il appelle « l'espace de travail conscient », Changeux commence par noter que « le flux de la conscience est dynamique et continuellement changeant » mais que « ce flux est tout sauf un chaos. Il est, comme Alfred Fessard l'a fait remarquer, "tout à la fois un et multiple en chacun de ses moments" ». Il s'agit d'une « synthèse unifiée et dynamique » qui est à la fois cohérente et diversifiée (Changeux, 2002, p. 116). Afin de rendre compte de ces caractéristiques organisationnelles, il propose alors le concept de « mélodie consciente » : « Les tâches de réponse différée comme la tâche de Stroop, les expériences de rappel de mémoire et d'autres tâches cognitives de planification consciente se développent séquentiellement dans le temps et donnent naissance à des enchaînements temporels, des "mélodies" assez brèves et simples. » (Changeux, 2002, p. 164) La succession des états de conscience n'est en rien un chaos et son organisation fluante serait du même ordre que celle d'une mélodie : « Les neurones de l'espace de travail peuvent entrer en activité de manière organisée [version anglaise : time-ordered sequences] et former des "mélodies" de représentations mentales. Avec la syntaxe, les mélodies du langage se servent de vastes possibilités combinatoires offertes par le réseau neuronal de l'espace de travail. » (Changeux 2002, p. 191)

Changeux reprend ici sans le dire une idée de Bergson exposée dans son *Essai sur les données immédiates de la conscience* en 1889. Comme on sait, celui-ci y fait remarquer que lorsque nous venons d'entendre une horloge d'une oreille distraite, nous sommes toutefois capables, par un effort d'attention rétrospective, de compter combien de coups ont été frappés jusqu'au moment où nous avons pris conscience de ce qui se passait. Ce phénomène montrerait que la conscience n'est pas composée d'éléments distincts qui seraient ensuite combinés les uns avec les autres mais qu'elle constitue une dynamique immédiatement et simultanément globale et diversifiée, « une durée », « une multiplicité qualitative », analogue à « une phrase musicale » (Bergson, 1889, p. 95) ou mieux encore à une « mélodie ». Une mélodie constitue en effet un type d'organisation qui est à la fois différenciée - on peut en égrener les notes une à une - et synthétique - qu'une seule note change et la mélodie entière est altérée : « Ne pourrait-on pas dire que, si ces notes se succèdent, nous les apercevons néanmoins les unes dans les autres, et que leur ensemble est comparable à un être vivant, dont les parties, quoique distinctes, se pénètrent par l'effet même de leur solidarité ? La preuve en est que si nous rompons la mesure en insistant plus que de raison sur une note de la mélodie, ce n'est pas sa longueur exagérée, en tant que longueur, qui nous avertira de notre faute, mais le changement qualitatif apporté par là à l'ensemble de la phrase musicale. » (Bergson, 1889, p. 75)

Mais Changeux ajoute à cette idée bergsonienne une seconde idée qui lui est propre et qui lui permet d'approfondir encore sa représentation du fonctionnement téléologique de la pensée. Non seulement la succession des états de conscience est organisée comme une mélodie, mais, à certains moments, cette mélodie peut déboucher sur une expérience très particulière : d'un coup, quelque chose fait sens, une illumination traverse le cerveau. La temporalité de la trajectoire mélodique fait place à un élargissement instantané de la pensée ; la progression linéaire se transforme en une sorte de progression en largeur, éphémère mais extrêmement gratifiante.

Pour expliquer ce phénomène Changeux rappelle, tout d'abord, les témoignages de Poincaré et d'Hadamard sur l'importance des incohérences du rêve dans l'élaboration des théories scientifiques : « Il est vraisemblable que le rêve favorise l'action du "générateur de diversité" mental et introduise des associations aléatoires entre représentations éloignées ou même sans lien entre elles. L'activité "paradoxe" du sommeil introduirait un surplus de "variabilité" au cours de l'évolution darwinienne des représentations qui intervient lors de la veille dans l'espace de travail neuronal. » (Changeux, 2002, p. 375) Il est probable par ailleurs qu'au cours de la réflexion « le bricolage des pré-représentations est confronté au projet scientifique visé, aux données disponibles et aux structures conceptuelles effectivement présentes dans le cerveau du scientifique, qu'elles soient innées ou bien qu'elles résultent de l'épigenèse » (Changeux, 2002, p. 375).

Or, grâce à ces confrontations incessantes, il peut parfois se produire - en général à l'improviste - une combinaison harmonique de quelques éléments qui se propage d'un coup - par « transduction » aurait dit Simondon - à tout le matériel mental mobilisé mais jusque-là resté sans liens : « Après de nombreux tâtonnements, à l'occasion d'une nouvelle observation ou d'une nouvelle combinaison de règles formelles, il peut se produire une sorte de "cristallisation" d'un ensemble de pré-représentations, qui envahit l'espace de travail conscient. À ce moment précis, des éléments qui étaient dispersés dans le cerveau une fraction de seconde auparavant se trouvent mis en relation d'un seul coup. Voilà l'illumination dont parle Hadamard dans le cas de la création mathématique. » (Changeux, 2002, p. 375)

La « mélodie » de la conscience se transformerait ainsi, parfois et de manière très fugace, en une « résonance intérieure » ou en un « accord » musical : « La dynamique de l'enchaînement des représentations dans l'espace conscient pourrait se comparer à une "mélodie". Chaque "note" résultant de la mobilisation parallèle de processus distincts resterait quelque temps "en ligne" dans l'espace de travail jusqu'à l'"accord" final [version anglaise : *until a moment of convergence or resolution is reached*] [...] La mise à l'épreuve d'un enchaînement de "raisons", d'une mélodie de "formes" ou d'une argumentation de "règles de conduite" pourrait se manifester par une résonance intérieure, une perception organisée et envahissante, répondant à ce que l'architecte de la Renaissance Alberti appelait *consensus partium* ou le peintre Henri Matisse, "harmonie d'ensemble". » (Changeux, 2002, p. 376)

Cette « mise en relation d'un seul coup » d'éléments qui étaient, une fraction de seconde auparavant, « dispersés dans le cerveau », la « résonance intérieure » et l'« harmonie mentale » qui en résulteraient seraient la cause du « sentiment de beauté » ressenti, au dire de Poincaré, par un mathématicien lorsqu'il observe une théorie nouvelle qui fonctionne ou de la « satisfaction » éprouvée par toute personne qui réfléchit, « à la vision qu'une idée "marche", que "la clé ouvre la serrure", qu'un schéma global fonctionne, que d'un seul coup des éléments divers se mettent en place de façon cohérente » (Changeux, 2002, p. 376). Et ce sentiment de « beauté » ou de « félicité » montrerait que cette résonance s'accompagne très probablement d'importantes gratifications : « Alors, la perception interne de ce phénomène se traduit par un sentiment de nouveauté et d'harmonie qui déclenche probablement un effet de récompense très puissant à l'échelle de l'ensemble du cerveau » (Changeux, 2002, p. 376).

Ces remarques jettent indubitablement une lumière sur la façon dont la pensée semble se développer. En affrontant sans détours la question de la qualité spécifique d'un flux de conscience, c'est-à-dire de *sa manière propre de fluer*, Changeux apporte ici un complément très intéressant au travail d'Edelman et de Tononi. Il suggère un début de réponse à la question de ce qui explique les « choix » immanents établis par le cœur dynamique au sein de la profusion des ébauches qu'il produit sans cesse : ceux-ci seraient guidés par l'anticipation et la recherche active de moments d'intégration mentale apportant de fortes récompenses. Changeux ne le dit pas mais on le comprend facilement : l'organisation de la succession des états de conscience serait toujours déjà orientée téléologiquement par l'anticipation d'une intégration différenciée de la totalité des éléments traités. Si nous anticipons un peu, nous pouvons dire la chose suivante : plus la complexité de cette totalité serait grande, plus les gratifications qui lui seraient liées seraient puissantes.

Mais Changeux se heurte alors à de nouveaux problèmes. Les témoignages d'architectes, de peintres et même de mathématiciens qu'il utilise ont le défaut de faire penser que le « *consensus partium* » ou « l'harmonie d'ensemble », qui s'établissent parfois à l'intérieur de la conscience et qui lui fourniraient en quelque sorte une finalité interne, seraient du même ordre formel que le *plan* d'un bâtiment, la *composition* d'un tableau ou même la *structure* d'une théorie mathématique. Or, ces témoignages ne montrent en réalité rien de tel, mais seulement qu'un architecte, un peintre ou un mathématicien perçoivent un sentiment très fort de félicité quand un bâtiment, une peinture ou une théorie sont achevés d'une manière qui leur semble « harmonieuse ».

Par ailleurs, Changeux a tendance à séparer la question du « *consensus partium* » de celle des mélodies qui y conduiraient. On retire de sa description l'impression que celles-ci seraient linéaires et inscrites dans la successivité du temps alors que celui-là s'établirait dans l'instant d'une harmonie simultanée. On sent qu'il manque aux neurosciences les ressources théoriques qui leur permettraient de se libérer du dualisme qui les fait utiliser conjointement, mais sans pouvoir véritablement les relier les uns aux autres, des concepts d'organisation purement diachroniques : la mélodie, la phrase, l'enchaînement ; et des concepts purement synchroniques : le plan, la composition, la structure. Dans la mesure où c'est le « même » cœur dynamique qui prend successivement différentes formes, il faut bien que ce soit le même concept qui rende compte de ses états de recherche et de ses états harmoniques. Ainsi manque-t-il aux neurosciences un concept qui leur permette de penser *ensemble* l'organisation et le mouvement, la linéarité et l'anticipation constante d'une totalité transversale.

Conclusions

À l'issue de ces analyses, nous devons rester prudents. Tout d'abord, il y a d'évidentes différences dans les stratégies adoptées par les neuroscientifiques. Ensuite, les sondages qui viennent d'être présentés restent très étroits au regard de la masse des contributions qui sont publiées chaque année dans ces sciences. Enfin, les relations entre les différents modèles formels utilisés dans les neurosciences, les sciences humaines et sociales, la philosophie, la poésie devront être confirmées par de nombreuses études supplémentaires. Malgré tout, il semble que ces analyses sont suffisamment suggestives pour justifier un certain nombre de conclusions.

1. En dépit de ces différences internes, de ces limitations quantitatives et de la difficulté à généraliser sans forçages des mouvements qui gardent toujours quelque chose de spécifique, on distingue au sein des neurosciences les contours d'une mutation épistémologique commune, l'apparition de nouvelles formes d'intellection partagées, des dynamiques conceptuelles qui vont dans la même direction. Dans tous ces travaux, la conscience, la mémoire et la pensée n'apparaissent plus comme composées d'éléments qu'il serait possible d'individualiser en dehors de leur fonctionnement ou même comme des systèmes fonctionnant sur un modèle cybernétique. Elles sont vues comme des activités constantes et organisées, dont les modulations définissent la nature, variable dans certaines limites, des individus qui y apparaissent-disparaissent.

2. Tout se passe comme si les neurosciences étaient en train de traverser pour leur propre compte une transformation épistémologique analogue à celle qui est repérable dans les sciences humaines et sociales et dans la philosophie. Quelque chose comme les prémisses d'un nouveau paradigme transdisciplinaire - surmontant la barrière des sciences de la nature et des sciences sociales et humaines - semble être en train de se mettre en place. La question n'est plus de définir l'identité d'éléments stables qui entreraient ensuite dans un fonctionnement interactif, ni même d'étudier les interactions entre des éléments et des systèmes, mais d'identifier les *manières* dont les éléments et les totalités auxquelles ils participent sont sans cesse individués-désindividués.

3. L'un des problèmes que les neurosciences n'arrivent pas à traiter concerne *la qualité spécifique et pourtant partageable* des flux organisés qu'elles observent. En réduisant la pensée à un processus d'adéquation purement statistique à la réalité intérieure ou extérieure, les neurosciences ne rendent pas compte du fait que toute expérience mentale possède une certaine consistance propre, c'est-à-dire une manière particulière de fluer, qui lui est assurée par le jeu de la mémoire, d'une part, de la volonté, du désir et de l'imagination, de l'autre.

Bibliographie

H. Bergson, *Essai sur les données immédiates de la conscience* (1889), Paris, PUF, 1970.

J.-P. Changeux, *L'Homme de vérité*, Paris, Odile Jacob, 2002.

G. Chapouthier, *Biologie de la mémoire*, Paris, Odile Jacob, 2006.

G. M. Edelman et G. Tononi, *A Universe of Consciousness. How Matter Becomes Imagination*, New York, Basic Books, 2000.

A. Prochiantz, *Machine-Esprit*, Paris, Odile Jacob, 2001.

F. Varela, « Resonant cell assemblies : a new approach to cognitive functions and neuronal synchrony », *Biol. Res.*, 28, 1995, p. 81-95.

F. Varela, J.-F. Lachaux, E. Rodriguez and J. Martinerie, « The brainweb : phase synchronisation and large scale integration », *Nature Reviews-Neuroscience*, 2, 2001, p. 229-238.