

I. La *simplexité* (A. Berthoz 2009) – Résumé analytique de l'ouvrage (J.-L. Petit)

1. Introduction : Alain Berthoz suggère que la complexité de la vie moderne est un défi pour l'individu parce qu'elle impose au cerveau le traitement d'une quantité d'informations excédant ses capacités. À ce défi deux réponses possibles sont évoquées, l'une artificielle, qui consiste à plaquer une simplicité formelle sur la complexité réelle au risque de dénaturer celle-ci, l'autre naturelle, qui est « la *simplexité* », propriété du vivant de pouvoir réduire sans la dénaturer la complexité des processus de traitement par une combinaison de règles simples.
2. Chapitre 1 : *La simplexité, une propriété fondamentale du vivant*. Un essai de caractérisation préalable de la *simplexité* pour tout le vivant, sans distinction de niveau d'organisation en molécule, cerveau ou organisme, retient l'usage d'un petit nombre de patrons d'interaction semblables, la séparation temporelle des fonctions en modules spécialisés, l'anticipation et la vicariance (au niveau du comportement), ou encore la généralité du codage du mouvement par rapport aux effecteurs moteurs. Ce premier essai manque encore à capturer des principes vraiment communs à tous les niveaux.
3. Chapitre 2 : *Esquisse d'une théorie de la simplexité*. La théorie proposée est une liste de principes régissant un processus susceptible d'être qualifié de simplexe. Sont mentionnés : l'inhibition des réflexes par les centres cérébraux des fonctions exécutives ; la sélection des informations pertinentes pour l'action ; la prédiction de la probabilité d'un événement futur sur la base de la mémoire ; l'usage de plusieurs sources d'information ou le détour par des moyens auxiliaires ; le contrôle d'une source d'information par une deuxième ou le changement des points de vues. Le critère d'inclusion dans la liste n'est pas donné, à part que la réunion des processus réalisant ces principes est source de sens pour les actes d'un vivant.
4. Chapitre 3 : *Regard et empathie*. Le physiologiste des mouvements oculaires prend la relève : réflexes, saccade et poursuite sont présentés comme des moyens de simplifier l'analyse du monde visuel. Au plan anatomique, la non commutativité des rotations de l'œil est compensée par le maintien de l'axe de rotation dans le plan frontal (loi de Listing). La précocité de la saccade oculaire pallie l'imaturité du développement de la fovéa et de l'appareil moteur chez le bébé. La redistribution d'activation du cortex préfrontal vers des régions postérieures au cours de l'apprentissage de séquences de mouvements oculaires libère le cerveau pour l'apprentissage de nouveaux mouvements. La conscience de soi est rapportée à l'échange des regards entre l'enfant et son image dans le miroir ; l'interaction intersubjective, au fait que l'échange des regards implique maintien du point de vue propre et changement de point de vue. La communication avec autrui est sous-tendue par les neurones de visage du cortex temporal et par les attributions de valeur affective de l'amygdale.
5. Chapitre 4 : *L'attention : « Je choisis, donc je suis »*. Les nombreux mécanismes de l'attention sont des solutions trouvées par l'évolution pour configurer l'*Umwelt* de l'organisme en fonction de ses intentions et buts d'action. Elles sont simples parce qu'elles simplifient les rapports entre l'organisme et le monde physique en rendant celui-ci maîtrisable par l'action. Les bases neurales de l'attention témoignent de sa vocation à l'action : l'activation des neurones du champ oculomoteur frontal chez le singe est modulée par le processus de décision de la saccade oculaire vers une cible. Les diverses théories de l'attention, qu'elles la conçoivent comme filtrage ou comme compétition, supposent que les mécanismes attentionnels ont pour fonction essentielle de simplifier la neurocomputation.
6. Chapitre 5 : *Le cerveau émulateur et créateur de mondes*. La perception est le produit d'une simulation mentale du comportement des objets par un cerveau qui a internalisé les lois du monde physique et qui entre en résonance avec certaines configurations sensorielles normales douées de sens pour l'organisme. Cette thèse est étayée, entre autres, par la causalité

Journée « Simplexité » au Collège de France 20 Septembre 2010 Programme ANR PerSemSoc

phénoménale de Michotte, le modèle interne de la gravité de McIntyre et al., les affordances de Gibson, les neurones miroir de Rizzolatti et l’empreinte de Konrad Lorenz.

7. Chapitre 6 : *À quoi servent nos sens ?* Cette récapitulation de la première partie de l’ouvrage réaffirme que le monde phénoménal est réductible au mode de fonctionnement des neurones. Le sens pour l’organisme résulte de la combinaison par contraction des dimensions spatiales ou synchronisation de l’activité des différents analyseurs sensoriels (voie du « quoi », du « où », amygdale, colliculus...). Ceux-ci réalisent toujours un codage discret fondé sur la stabilisation dynamique de l’agitation des molécules de récepteurs de neuromédiateurs dans la synapse, un mouvement aléatoire. Sous le sens : le hasard.

8. Chapitre 7 : *Les lois du mouvement naturel*. En ouverture d’une deuxième partie consacrée au mouvement, sont rappelées les propriétés originales du mouvement naturel : relation entre la vitesse et la courbure de la trajectoire, co-activation des muscles par des synergies déterminées par l’anatomie des projections musculaires des motoneurones, modèles internes des propriétés des membres engrammés dans des réseaux de neurones, représentation perceptive à base d’inférence bayésienne sur l’identité probable des objets perçus, etc.

9. Chapitre 8 : *Le geste simplexe*. Développant le rôle déjà concédé au geste dans la rhétorique cicéronienne, la méthode de direction d’acteurs de Meyerhold encadre une phénoménologie du geste comme mode de communication non verbal capable d’élever à l’évidence une situation complexe. Un audacieux précipité renvoie des bras ouverts du Christ en croix et de la position du Bouddha *Bhūmisparsa* (prendre à témoin la Terre) aux neurones miroir qui associent la production des comportements à la perception des attitudes.

10. Chapitre 9 : *Marcher, un défi à la complexité*. L’analyse physiologique de la marche étant guidée par l’idée d’optimisation des ingénieurs en robotique, tous les aspects dégagés par cette analyse peuvent servir à illustrer le principe d’économie de la neurocomputation appliqué au problème que pose au cerveau la locomotion terrestre du corps. Mêmes réseaux neuronaux générateurs de rythmes dans la moelle épinière pour la marche et la course, covariation des angles des bras et des jambes dans un même plan, utilisation de la pesanteur pour le contrôle du mouvement, répertoire de comportements prêts à être déclenchés, changement de référentiel des réflexes en fonction du point d’appui, stabilisation de la tête comme centrale inertielle pour la coordination des membres, trajectoires locomotrices faites de paraboles stéréotypées répondant à des géométries non-euclidiennes, etc.

11. Chapitre 10 : *L’espace simplexe*. La troisième partie de l’ouvrage reprend le thème de la simplexité en considérant les modes de représentation de l’espace dans le cerveau. Les deux versants de la simplexité s’y retrouvent : réduction de complexité d’un côté, accroissement de complexité de l’autre. L’organisation des stimuli sensoriels est réalisée grâce à des cartes topographiques : cochlée, glomérule olfactif, cartes visuelle et motrice du colliculus, carte rétinotopique en roues d’orientation de V1, cellules de place de l’hippocampe, cellules de grilles du cortex entorhinal, etc., enfin homoncule somatomoteur de M1. L’espace, code commun, simplifié. Mais, comment se fait la mise en registre de ces multiples cartes pour la transformation sensorimotrice ? Notre ignorance nous emprisonne dans la représentation.

12. Chapitre 11 : *Espace perçu, vécu et conçu*. Pour thématiser la simplexité en elle-même on peut faire appel au mathématicien, s’instruire sur les structures topologiques élémentaires, bases d’engendrement de toutes les formes géométriques, et se dire que ces structures sont peut-être aussi le plan d’organisation du cerveau. Mais on n’aura pas encore ressaisi par là le pouvoir structurant des méthodes géométriques, un pouvoir qui prolonge la capacité du sujet agissant que nous sommes d’élever à l’évidence les configurations signifiantes de l’expérience en s’y projetant de toutes les forces de son corps.

13. Chapitre 12 : *Les fondements spatiaux de la pensée rationnelle*. Dans une extrapolation finale de la phylogenèse à l'anthropologie culturelle, l'auteur suggère que les modes d'organisation des relations sociales s'inscrivaient jusqu'à une évolution récente dans le prolongement des stratégies animales de retour au gîte. Mais qu'un dramatique accroissement de complexité de la vie en société menace de submerger les capacités du cerveau humain.

14. Epilogue : L'architecture urbaine, la musique, la métaphore, la fable, les légendes : de précieux témoins de la tendance du cerveau humain à la simplicité qu'il faut sauvegarder de la simplification à outrance.

II. Quelques questions à débattre concernant la liste des principes de la simplicité :

1. Tension entre le principe de modularité et la primauté accordée à l'action par rapport à la sensation, la représentation et la cognition en général. Jerry Fodor, dans *The modularity of mind* (66) rejette expressément l'idée d'une éventuelle modularité des fonctions motrices ainsi que celle d'une influence motrice sur le traitement perceptif. Les modules sont des systèmes de traitement rapides et superficiels des seuls organes périphériques de la perception. Le comportement moteur est la sortie finale du traitement cognitif central. La prétention de subordonner à l'action le processus perceptif est écartée par Fodor comme « un attachement sentimental » dans la communauté des sciences cognitives pour le mouvement *New Look* du psychologue Jérôme Bruner de la génération 1970. Fodor a-t-il manqué la généralité du principe modulaire en le limitant aux entrées sensorielles ? Ou bien l'influence rétroactive de la finalité motrice du comportement sur les étapes précédentes de la cognition, en particulier les étapes précoces, ne serait-elle pas solidaire d'une conception du traitement cognitif non linéaire, non segmentaire, non hiérarchique, interactionnelle, en un mot : non modulaire ?

2. Comment réconcilier la généralisation du principe de l'inférence probabiliste bayésienne comme base de l'anticipation des conséquences futures de l'action et comme estimation de la cause distale du signal sensoriel avec le principe du court-circuit de la détection de la valence du signal dans les voies visuelles auxiliaires (rôle de l'amygdale, du cortex orbitofrontal, etc.) ? Dans *Physiologie de l'action et phénoménologie* (237) les auteurs affirmaient : « Pour résumer l'essentiel de ce qui précède, les théories représentationnelles, mais aussi les théories de la simulation, partent du présupposé commun qu'une inférence est la condition nécessaire à la reconnaissance d'autrui. Or à la fois les observations des primatologues du début du siècle (Köhler), des psychologues des émotions (Zajonc), mais aussi les observations les plus récentes de la neurophysiologie (Rolls, Damasio, Rizzolatti) suggèrent un autre type de fonctionnement, qui ne passerait pas par des mécanismes de type inférentiel. Zajonc écrivait : Le sentiment et la préférence n'ont pas besoin d'inférence. »

3. La réduction de complexité est-elle un nouveau principe générateur de différenciation des niveaux d'organisation du vivant (après l'enaction, l'autopoïèse) ou l'instrument d'une réduction moniste à une base élémentaire ultime d'explication physique ? Le discours pluraliste est-il plus qu'une concession provisoire à l'illusion d'autonomie du *Lebenswelt* par rapport au monde physique ? L'imputation de responsabilité causale des sources « du sens » à des mécanismes sous-jacents est-elle compatible avec la reconnaissance de la relativité du sens – toujours « sens pour... » – à la personne du sujet percevant et agissant, ou à l'organisme centre d'un *Umwelt* ? Les réticences qu'on peut avoir devant le collapse des propriétés et actions du niveau personnel sur les agents des niveaux infrapersonnels (le cerveau, la cellule, ou la molécule) sont-elles du pédantisme sémantique, ou l'expression d'une exigence d'intelligibilité interne à la raison scientifique ? Réciproquement, une explication qui confond l'*explicans* avec l'*explicandum* est circulaire : n'est-ce pas précisément le risque que fait courir aux neurosciences cognitives la contamination de la description phénoménologique de l'expérience vécue par la description du fonctionnement

Journée « Simplexité » au Collège de France 20 Septembre 2010 Programme ANR PerSemSoc

des mécanismes (p. ex. quand les termes « inférence », « computation » ou « simplification de la computation » infiltrent le discours sur la perception) ?

4. La généralisation de l'idée de simplicité comme simplification de problème suppose qu'à tous les niveaux le schéma : problème – solution est applicable. Plusieurs difficultés à cela. Si l'on admet de considérer comme un « niveau » le plan phénoménal de l'expérience, on y rencontre effectivement des problèmes : c'est même à ce niveau-là uniquement que le terme est employé au sens propre ; mais il serait faux de dire que tout vécu est problème résolu ou recherche de solution à un problème. Si l'on se place au niveau cérébral, parler de problème introduit fatalement un homoncule dédié à la position et la résolution du problème. De plus, si les psychologues ne travaillent qu'en imposant aux sujets des tâches, c-à-d. des problèmes à résoudre, une analyse quantitative de l'activité cérébrale éveillée a établi que l'essentiel de cette activité est non motivée par une tâche externe et pourrait s'interpréter comme de la rêverie sans objet précis. Enfin au plan synaptique et moléculaire, les processus reposent sur une agitation stochastique de fond, laquelle donne lieu sporadiquement à des formes d'équilibres dynamiques inducteurs des potentiels d'action cellulaire. Rien qui puisse évoquer l'activité hautement déterministe et intentionnelle de la résolution de problème. Reste l'évolution, qui a éliminé la téléologie de la Nature : n'est-ce pas l'y réintroduire que lui accorder le pouvoir de se poser des problèmes, de rechercher et de trouver des solutions ?

5. « Un cerveau humain est créateur de mondes (221) » ; « Le cerveau « crée des mondes » à partir de son corps en acte dans le monde... (166) » ; « Notre cerveau ne fait pas que simuler la réalité, il émule un monde possible (77) » : ces formules n'ont certes pas la même signification que si l'on disait, carrément : « Mon cerveau crée le monde » □ Quelle différence y a-t-il ? La dernière est l'expression d'une naïve ontothéologie phrénologique prise au piège de son propre langage. Le locuteur, disant « Mon cerveau », a déjà fait renvoi au monde ou à un secteur du monde, un monde préexistant, dont sa proposition voudrait néanmoins exprimer le surgissement originaire à partir d'une source absolue. Le cerveau en question est, contradictoirement, à la fois ingrédient du monde et source causale du même monde dont il est ingrédient. Heureusement, la situation épistémologique des neurosciences cognitives apparaît plus saine. Le physiologiste qui dit : « le cerveau », « notre cerveau », « un cerveau humain », se place indiscutablement sur le plan de l'explication, non sur le plan de l'ontologie. Son référent est l'un des nombreux objets de pensée possibles dans la nature, non l'ancrage existentiel de l'être que je suis dans l'horizon de cet englobant absolu qu'est le *Lebenswelt*. En revanche, l'*Umwelt* de la tique est un objet d'étude parfaitement respectable, même pour la biologie moléculaire, qui pourra un jour s'enquérir « du fondement moléculaire de la notion d'*Umwelt* (82) ». Ce qui n'empêchera pas ceux qui s'en tiennent à la seule réalité physique de demander : « Qu'est-ce que le *Lebenswelt*, sinon l'*Umwelt* de l'homme ? »...