

Les éditions Odile Jacob ont publié en novembre 2008 un ouvrage capital pour la science et la philosophie: *Du Vrai, du Beau, du Bien*¹, de Jean-Pierre Changeux. Ce livre est écrit à partir de ses cours professés au Collège de France durant ces trente dernières années. Il s'agit d'une synthèse abondante et précieuse des résultats des neurosciences, de leur émergence jusqu'à aujourd'hui. Sans se contenter de présenter des connaissances toutes faites, l'auteur, à travers de nombreuses références historiques, nous plonge dans les problèmes d'où elles émergent, et dans l'historicité de leurs résolutions, par la présentation des hypothèses invalidées et actuellement dominantes. L'auteur prend régulièrement parti pour présenter ses propres résultats et sa propre pensée sur la situation effective de ces problèmes.

Si le titre a une portée évidemment philosophique, c'est parce que ces sciences prétendent fournir une nouvelle approche, *une nouvelle approche neuronale*, déterminée par la science expérimentale, de thèmes traditionnellement traités par la philosophie et les sciences humaines, à savoir la conscience et la manière dont elle se manifeste dans la culture. Disons le tout de suite, cet ouvrage, en accord avec la méthodologie des neurosciences, est sous-tendu par une thèse naturaliste, et tout simplement matérialiste, c'est à dire qui refuse la distinction classique dans la philosophie et les sciences humaines entre le domaine de la nature, objet des sciences expérimentales, et le domaine de la culture et de l'esprit, objet des sciences humaines et de la philosophie. L'esprit, la culture, sont ici compris comme le résultat de l'activité cérébrale, tant au niveau de son individualité que de ses interactions réciproques avec l'environnement naturel et humain.

Dés lors, cet ouvrage présente un grand intérêt, mais pose aussi un problème redoutable. L'intérêt de l'ouvrage tient en peu de mots: c'est, à ma connaissance, l'ouvrage qui offre la vision la plus exhaustive des neurosciences en français, et qui en montre les développements les plus récents. Le problème qu'il pose est de nature philosophique: la méthode expérimentale est-elle la seule qui puisse livrer le fond de ce qu'est un acte de pensée? Peut-on rejeter de manière immédiate (et disons-le, de manière parfois arbitraire dans l'ouvrage) toute approche qui se voudrait idéaliste, spiritualiste, émergentiste, et en général non matérialiste?

Revenons à présent sur les étapes principales de l'ouvrage, afin d'en préciser le propos et de localiser les problèmes.

4 grandes parties scandent le propos. Une première partie se consacre à la question du bien et du beau, et montre comment on peut penser l'éthique et l'esthétique à partir des neurosciences.

Une seconde partie aborde le thème de la conscience, de la pensée et du langage. Une

troisième, plus technique d'un point de vue biologique, aborde la structure du cerveau tout en traitant le thème de l'apprentissage et de la conscience. Enfin, une dernière partie, beaucoup plus courte, sert en quelque sorte de synthèse.

I) Le Bien et le Beau: Du monde des idées aux processus inter-cérébraux.

Tout d'abord, Changeux fait un historique des conceptions philosophiques du monde, pour montrer comment on est parvenu à une conception naturaliste du monde. Ici, cette histoire très brève de la philosophie est évidemment présentée de manière à ce que les neurosciences apparaissent les mieux à même de décrire le réel. On peut regretter que la simple doxographie soit privilégiée, sans que les raisons des positions philosophiques soient données. Par ailleurs, la position matérialiste défendue par Changeux le conduit à critiquer sévèrement toute philosophie qui s'écarterait de ce sanctuaire de la rationalité. Changeux affirme ainsi que *Platon se trouve en régression par rapport à Démocrite*² parce qu'il établit, en fait, l'existence d'un monde supra sensible, à la réalité plus haute que le monde matériel. Il faudrait néanmoins souligner que l'apport fondamental de Platon est bien de poser la réalité de l'universel et donc la possibilité de la vérité, y compris scientifique. Si n'y a pas d'universel qui transcende toutes les conceptions particulières, il n'y a pas de science possible, pour Platon. Néanmoins, Changeux reconnaît que Platon, en affichant une préférence pour la raison plutôt que pour la simple sensation, contribue au progrès de la science.

Une fois que l'histoire des idées conduit à montrer que la conception naturaliste du monde (c'est à dire l'idée que le monde est un ensemble de phénomènes matériels objectifs) s'est imposée, et que par suite la méthode expérimentale (seule à même de rendre compte d'un tel monde) est la seule méthode scientifique appropriée, il est facile de poser que la science de l'esprit et de ses manifestations ne peut être autre que la science expérimentale du cerveau.

Venons en maintenant à la question du Bien, qui nous fait entrer dans le domaine de la culture proprement dit. Comme nous le soulignons plus haut, l'auteur refuse la distinction entre le culturel, objet des sciences humaines, et le naturel, objet des sciences expérimentales. Voici ce qu'il dit: ... « *les données actuelles des neurosciences suffisent pour poser que toute représentation culturelle est initialement produite sous la forme de représentations mentales dont l'identité neurale originelle est claire...* »³.

Jean-Pierre
Changeux

DU VRAI, DU BEAU,
DU BIEN

une nouvelle approche neuronale



Ainsi, en lieu et place de culture, l'auteur parle de *neuroculture*. Par conséquent, si l'on veut penser le Bien et l'éthique dans lequel celui-ci prend place, il faut se détacher de toute visée spiritualiste, qui ne peut manquer pour l'auteur d'avoir une connivence avec la religion, laquelle a le grave défaut de bloquer toute investigation scientifique, toute tentative d'une généalogie des valeurs morales fondée sur la phylogénie et l'évolution biologique. Il faut au contraire poser que ce que nous appelons *Bien* s'enracine dans l'activité biologique et son interaction avec l'environnement. L'auteur précise tout de suite qu'il ne s'agit nullement de réduire l'humain à une simple

machine froide, sans émotions, sans vie, dont le comportement ne serait qu'une production matérielle arbitraire. Mais en quelque sorte, il s'agit de déplacer le Bien et sa vie d'un domaine spirituel où il est immuable, à un domaine matériel où celui-ci a une histoire.

En partant de la règle d'or de la morale: ne pas faire à autrui ce que l'on voudrait pas qu'il nous fasse, que l'on trouve entre autre chez Confucius, Aristote, et dans une version positive dans l'évangile (faire à autrui ce que l'on voudrait qu'il nous fasse), Changeux expose les travaux de Premack et Woodruff, ainsi que de Barresi et Moore, qui développent un concept connu en science cognitive: *La théorie de l'esprit*. Avoir une théorie de l'esprit signifie pour un individu donné (animal ou homme) qu'il a accès aux représentations d'autrui, et plus précisément qu'il est capable de comprendre qu'autrui a des émotions, des représentations, et qu'il est sujet à l'erreur. C'est fondamental pour la règle morale énoncée plus haut. Sans théorie de l'esprit, je ne peux faire preuve d'aucune bienveillance, je ne peux pas non plus mentir à autrui. Ce concept permet à Changeux de développer dans le chapitre 3 le concept de développement coopératif. Le fondement de l'éthique serait ainsi naturel, en ce que la nature aurait naturellement sélectionné, selon un schéma darwinien, les conduites coopératives, c'est à dire des conduites dans lequel les cerveaux s'associent pour réussir ensemble des actions. Le Bien a donc une dimension collective, et s'enracine dans une histoire du vivant. Du point de vue philosophique, on peut donc dire qu'il s'agit d'un utilitarisme naturaliste. Cette naturalisation de l'éthique n'est aucunement déshumanisante, mais « *ouvre, selon moi, la voie à une compréhension ce qu'il y a de plus authentiquement universel et librement ouvert dans le projet éthique* »⁴.

Quant à l'historique des conceptions de philosophie morale qu'expose Changeux, notamment au chapitre 2, exposé qui a le mérite d'inscrire les neurosciences dans l'histoire de la pensée, mais qui a souvent le défaut de perdre le lecteur dans un foisonnement de références dont on ne comprend pas toujours la place et l'intérêt dans l'économie du propos, je me bornerai simplement à une remarque. Changeux fait souvent référence à Spinoza, et cite notamment l'appendice de la première partie de *L'Ethique: les hommes jugent les choses d'après la disposition de leur cerveau*. Il utilise ainsi cette pensée comme un plaidoyer en faveur du matérialisme. Seulement, il faut rappeler que lorsque Spinoza dit cela, c'est pour parler de la connaissance du premier genre, l'opinion, et pour déplorer que les hommes jugent les choses selon la disposition de leur cerveau, plutôt que selon l'ordre géométrique, accessible à la raison (connaissance du second genre). Le corps est, chez Spinoza, absolument distinct de l'esprit, bien qu'il lui soit parallèle.

Du chapitre 5 à la fin de cette partie, Changeux aborde la neuroesthétique, qui est donc la partie de la neuroculture consacrée à l'étude des bases neurales de la contemplation des œuvres d'art. L'art se définit pour l'auteur comme « une communication symbolique intersubjective avec des contenus émotionnels variables et multiples »⁵. L'aspect expérimental de la démarche cherche à mettre en évidence les zones du cerveau qui sont mises en jeu dans la perception des *qualia* et à leur suite des affects esthétiques. Le procédé est simple, on soumet plusieurs sujets à l'expérience d'œuvres d'arts variées et on observe la réaction du cerveau afin d'en tirer par induction des hypothèses. Pourquoi certains sont plus sensibles à la musique que d'autres ? Pourquoi certains réagissent plus que d'autres aux percepts visuels ? L'étude du cerveau montre que c'est cérébralement, et donc pour partie génétiquement inscrit. L'amusie, tout comme le génie musical, ont leur source dans l'architecture neurale.

Le point le plus intéressant est sans doute les critères du beau retenus par Changeux. Il s'agit de l'harmonie et de la parcimonie. L'harmonie se définit comme la cohérence des parties avec le tout. La parcimonie, quant à elle, renvoie à la contraction d'un ensemble complexe dans la simplicité d'une formule. Il y a parcimonie là où beaucoup est expliqué avec peu. Ce qui s'appelle aussi l'élégance de la démonstration, en science. La réponse émotionnelle à la parcimonie est ainsi le fruit d'une sélection naturelle, car utile à la survie et au développement de l'espèce. Enfin, l'art possède une fonction hédoniste et sociale: il donne du plaisir et rassemble, et en cela il est comme parent des valeurs morales.

II) Cognition et langage

Si la première partie est consacrée à l'étude du Bien et du Beau, la seconde se consacre au travers de cinq chapitres à la question de la pensée, en se concentrant notamment sur le problème de la conscience et du langage.

Changeux précise dès l'ouverture que l'emploi même du terme conscience était malvenu il y a quelques années encore en neurosciences, mais que c'est aujourd'hui un axe phare de la recherche. La difficulté d'un tel mot, évidemment, est de savoir ce que l'on met dessous. Sa grande richesse sémantique et symbolique est aussi la raison pour laquelle le matérialisme éliminativiste de Churchland a tout bonnement voulu se passer de ce terme. Quant à Changeux, il retient deux sens de conscience: la réflexivité, et le jugement moral.

S'ensuit alors un long exposé qui n'est pas à proprement parler la présentation d'une

théorie de la conscience, mais plutôt une synthèse des connaissances acquises en différents domaines sur celle-ci. Cet exposé qui est très clair dans ses éléments présente toutefois le défaut de perdre un peu le lecteur, qui passe des théories psychologiques, phénoménologiques, aux modélisations formelles de la conscience, sans qu'un fil directeur très clair ne vienne soulager l'effort global de compréhension. On peut retenir que l'approche des neurosciences consiste en deux choses distinctes: une approche expérimentale, par laquelle on cherche à localiser les zones du cerveau mises en jeu dans les différents actes de conscience. Ainsi, les expériences mettent en évidence le rôle du thalamus et du cortex dans les phénomènes de conscience, compris comme attention du sujet au monde extérieur, c'est à dire réflexivité sur des états perceptifs donnés. En s'appuyant sur les travaux de Llinas, Changeux explique donc: « La riche connectivité réciproque entre thalamus et cortex participerait à la genèse d'oscillations dont les divers modes signeraient des états de conscience distincts » ⁶.

L'autre approche consiste à comprendre la conscience comme un processus cérébral de type computationnel ou fonctionnel. A l'évidence, l'informatique et les recherches sur l'intelligence artificielle ont joué un rôle décisif dans cette approche. Il ne faut pas oublier qu'à l'origine, les sciences cognitives (dont font partie les neurosciences dès lors qu'elles tâchent d'élucider les phénomènes de cognition) sont nées de la rencontre des sciences (notamment psychologie, linguistique) avec la recherche sur l'intelligence artificielle. Un modèle formel très connu est celui de la machine de Turing, mais ceux-ci se sont complexifiés au fur et à mesure du temps. Il s'agit, par eux, de comprendre la pensée comme un traitement d'informations qui est fonction d'un but donné, comme une la réalisation d'une opération mathématique, ou encore l'exécution d'une tâche de rangement, etc.

Il y a donc deux niveaux : un niveau qui comprend les bases neurales de la conscience, et un autre niveau qui comprend le fonctionnement de la pensée proprement dite, un peu comme un ordinateur qui comprend la structure matérielle (le hardware) et le système d'exploitation (le software).

La réflexion sur le langage, qui suit, est toujours faite sur le même modèle, en alternant les exposés doxographiques et les travaux des neuroscientifiques. Le cadre de compréhension reste le même : le langage peut se comprendre comme une opération cérébrale complexe, dont l'apparition et le développement sont régis par le mécanisme darwinien de sélection naturelle. Pour la neurolinguistique, il s'agit par l'observation du cerveau de mettre en évidence les zones qui sont concernées par le langage et ses divers modes : la parole, l'écriture, etc. On sait depuis Broca quelle est l'aire (l'aire de Broca, justement) qui est responsable de la parole. Mais il s'agit

également, et il faut à plus juste titre parler ici de neurosémantique, d'élucider les actes donateurs de sens, par lesquels un sujet accède au sens même d'un mot ou d'une proposition. C'est Wernicke, qui, en premier, a mis au jour une aire cérébrale de la compréhension. Changeux fait quant à lui l'hypothèse d'un apprentissage de la langue par un système de récompense. Le fait de comprendre la même chose qu'autrui, de partager ses représentations, entraîne une réponse émotionnelle positive qui est aussi vectrice de sociabilité. Le non-sens, l'incapacité d'accéder à la représentation d'autrui, à l'intelligibilité d'un propos, se traduit expérimentalement par une réaction cérébrale (augmentation de l'onde P600). Changeux se demande si cela signifie une absence de récompense, une punition, ou autre chose. Sans trancher, cette expérience lui suffit pour affirmer que « quoi qu'il en soit, les corrélats neuronaux existent bien concernant cette différence entre sens et non-sens qui préoccupe tant nos philosophes.⁷ Il y a évidemment un brin d'ironie dans la remarque, puisque pour Changeux, toute approche purement théorique est vaine ou insuffisante, en ce qu'elle ignore l'inscription naturelle des phénomènes.

L'écriture est, elle aussi, comprise comme issue d'une évolution biologique du cerveau soumise aux règles de la sélection naturelle. Les bases neurales de l'écriture sont claires, puisque des lésions de certaines zones du cerveau entraînent l'impossibilité d'écrire correctement (agraphie) tandis que des lésions différentes entraînent l'impossibilité de lire (alexie). On observe des agraphies sans alexie et réciproquement. L'intérêt de telles recherches est de comprendre le mécanisme de la lecture, de la reconnaissance visuelle des signes, et de faire progresser notre compréhension de l'apprentissage des langues, sans invoquer des psychologies théoriques pour expliquer les différentes dyslexies.

L'exposé de Changeux s'attarde en outre longuement sur les différents systèmes culturels de signes ainsi que leur histoire. La diversité des systèmes de signes et leurs évolutions peuvent se comprendre comme le fruit d'un développement lui aussi darwinien, où les échanges entre cerveaux retiennent ce qui favorise la communication et la compréhension, et donc la survie et le développement de l'espèce. Cette diversité a une inscription cérébrale claire, puisque les observations du cerveau montrent que ce ne sont pas les mêmes zones qui sont sollicitées par la lecture du kanji (Système japonais fait à partir d'idéogrammes chinois) et du kana (autre système japonais).

III) La biologie du cerveau et l'avenir des neurosciences

J'aborde ici ensemble les parties 3 et 4 de l'ouvrage, qui sont, surtout pour la 4ème, plus succinctes que les autres. La troisième partie se présente comme un exposé

général de biologie, et plus particulièrement de biologie du cerveau, mais c'est l'occasion pour Changeux de traiter un certain nombre de points philosophiques.

Tout d'abord, il présente le cadre évolutionniste de la biologie. Depuis Darwin, il est impossible de faire de la biologie sans prendre en compte l'évolution des espèces dans le temps. C'est en ce sens qu'on a vu plus haut que le Beau, le Bien, tout comme les mécanismes de la conscience et du langage, peuvent se comprendre comme des processus inter-cérébraux issus d'une sélection naturelle. Après cet exposé de la théorie de l'évolution, dont le modèle le plus communément admis aujourd'hui est la théorie synthétique, ou néodarwinienne, qui associe aux concepts darwiniens les découvertes de la génétique, Changeux s'intéresse plus particulièrement au développement du cerveau.

Le cerveau humain et sa structure, par quoi sont-ils commandés ? Peut-on dire que le cerveau et son organisation sont la simple expression d'un programme génétique ? Grâce aux travaux de l'épigénétique (qui étudie le gène en tant qu'évoluant dans un milieu, et non comme une entité fixe), on met en évidence que le cerveau ne peut se comprendre comme l'effectuation d'un programme génétique. Il s'agit pour Changeux d'abandonner cette idée de programme génétique pour une conception plus complexe, prenant en compte le développement d'un organisme particulier en interaction avec un environnement donné. Ainsi, au déterminisme simpliste pour lequel à un gène correspond une fonction se substitue une conception plus subtile, « ...qui incite à une observation à la fois plus précise et plus complète de la réalité qui met l'accent sur la contribution des interactions entre cellules dans le développement de l'organisme et la mise en place de la complexité de l'adulte »⁸. C'est une telle conception qui, au passage, rend intéressante l'étude du phénomène d'apprentissage par lequel un cerveau va se singulariser.

Une idée très intéressante pour la philosophie de la connaissance apparaît au chapitre 3 de cette troisième partie, lorsque Changeux critique la position empiriste. En effet, l'idée que l'on recevrait la forme même de la chose extérieure au sein d'un esprit passif et à l'origine vierge, est largement contredite par deux observations : les potentiels d'actions circulant dans le nerf auditif sont les mêmes que ceux enregistrés dans le nerf optique. Autrement dit, il n'y a pas de similitude entre l'acte du sentant et la nature de l'objet senti, car en ce cas pour chaque perception correspondrait un type de signal (qui viendrait par exemple s'imprimer quelque part). Par ailleurs, l'effet du signal est de modifier une action spontanée, qui préexiste à l'interaction avec l'environnement. Ainsi, on ne peut pas concevoir l'activité de perception comme la réception de formes sur une page blanche, mais comme un processus d'interaction

entre un système interne donné et un environnement extérieur.

On le voit donc, et c'est tout à fait valable pour la théorie de l'apprentissage, on ne peut pas comprendre le cerveau comme l'exécution d'un programme génétique, ni comme une page blanche modelée par le monde extérieur. Il faut au contraire le penser comme le produit d'une évolution qui s'est faite par sélection naturelle pour ce qui est de l'espèce, et qui se fait dans un complexe d'interactions (cellules, environnement) pour ce qui est du développement de l'individu.

La fin de cette troisième partie voit également une réflexion intéressante menée sur la mort. La mort est d'abord présentée comme un phénomène naturel qui affecte tous les vivants, et dont la signification évolutive est de permettre une plus grande diversification du vivant lui-même. Celle-ci, néanmoins, devient chaque jour plus aisée à contrôler pour l'être humain, ce qui fait supposer à Changeux qu'un jour viendra peut-être où nous choisirons notre mort plutôt que nous la subirons. Ce qui, au passage, si cela devait arriver, affecterait certainement en profondeur le regard sur l'existence, qui est pour partie fonction du regard sur la mort.

Par ailleurs, le fait que l'ensemble des significations qui constituent la culture propre d'un individu, ne puissent subsister en dehors du cerveau, signifie pour Changeux qu'en dehors de la transmission de cerveau à cerveau, il n'y a aucune subsistance, aucune immortalité du sens. La durée limitée que l'on observe chez autrui et que le cerveau possède naturellement fait que l'on perçoit l'inéluctabilité de la mort, et que cette conscience de la mort, qui suit en quelque sorte la conscience de soi, nous apparaît injuste et absurde, car la mort est « un inexorable destin dont la causalité évolutive paraît hors d'atteinte, et qui échappe à la raison et la volonté »⁹. Mais selon Changeux, il s'agit d'accepter avec sérénité cette loi de la nature, à la manière d'Epicure. Lorsque la mort est prononcée, il n'y a plus d'activité cérébrale, donc tout ce qui est lié à la conscience disparaît. L'immortalité de l'âme ne correspond à aucune donnée observable et contredit même toute observation sérieuse du fonctionnement du cerveau.

La 4ème partie, très succincte relativement aux autres, expose sous le titre : *Où en sommes-nous aujourd'hui ?* Les conclusions des recherches de Changeux, puisqu'il s'agit d'un cours professé en 2006 qui vient clore 30 ans de recherches. Changeux y fait un exposé de l'histoire des neurosciences, et on y retrouve un condensé des thèses exposées dans les parties précédentes. Les problèmes qui occupent de manière très récente les neuroscientifiques, dans le cadre épigénétique qui est le leur, sont également exposés. On y retrouve à la fois des éléments simples quant à la méthode

(expérimentale et formelle) et quant à la visée (matérialiste et naturaliste) des recherches, mais aussi l'exposition de problèmes et de solutions quant à la compréhension de la perception, du phénomène de compensation chez les aveugles, ou encore quant à la morphogénèse du cerveau.

La conclusion de l'ouvrage, courte et simple, se veut un plaidoyer en faveur des valeurs de rationalité, de progrès et de tolérance, portées par la vision matérialiste et humaniste des neurosciences, qui font descendre du ciel des essences les idées de Beau, de Vrai, et de Bien, pour permettre à l'homme de se les approprier. « Dans un monde fragile à l'avenir incertain, il nous revient d'inciter sans relâche le cerveau des hommes à inventer un futur qui permette à l'humanité d'accéder à une vie plus solidaire et plus heureuse pour et avec chacun d'entre nous. »¹⁰

Conclusion

Du Vrai, du Beau, du Bien est à l'évidence un livre précieux et extrêmement riche. Tout philosophe des sciences, toute personne s'intéressant au problème du corps et de l'esprit, ne peut sans doute faire l'économie de sa lecture. Nul ouvrage en ce domaine ne présente à ma connaissance cette qualité qui est d'abord d'inscrire les neurosciences dans l'histoire de la pensée, de les faire vivre ensuite par une culture très large, et enfin d'exposer la vision personnelle qui est celle de l'homme de science qu'est Changeux. Sa lecture n'est pas facile, mais elle est loin d'être inaccessible, le propos étant globalement clair, sans technicité scientifique excessive, et sans jamais pour autant céder sur l'exigence de précision. Néanmoins, il est difficile de conseiller un tel ouvrage si l'on souhaite aborder pour la première fois les neurosciences et plus généralement les sciences cognitives. L'abondance et la densité du propos requièrent que l'on soit au préalable averti des problèmes fondamentaux en épistémologie et dans cette question traditionnelle de la métaphysique concernant le rapport entre le corps et l'esprit.

Il n'y a pas de thèse centrale dans ce livre, puisqu'il s'agit d'une somme de connaissances, de problèmes et de résultats de recherches. La seule thèse centrale, à la rigueur, est la thèse matérialiste et naturaliste, qui fait du cerveau et de son activité biologique l'unique lieu de la pensée. A ce sujet, l'auteur invite sans cesse à dépasser les préjugés qui pèsent sur le matérialisme. Il cherche incessamment à rendre cette partie du corps plus intrigante, plus fascinante, et plus digne de respect, également. Les réflexions originales de la neuroéthique et de la neuroesthétique abondent en ce sens.

Néanmoins, on ne peut manquer de souligner une certaine sévérité de l'auteur à l'endroit de penseurs non-matérialistes pourtant éminents, et en premier lieu à l'égard de Platon. Bergson, quant à lui, qui a pourtant consacré une large part de son œuvre à montrer que la conscience n'était pas un phénomène matériel, n'est pas cité une seule fois, ce qui peut étonner. Mais au moins, on a là l'assurance d'avoir une démarche cohérente et entière, qui ne cède pas sur ses convictions, et qui entend bien nous montrer comment vivent dans nos cerveaux, et nulle part ailleurs, le Beau, le Vrai, et le Bien.

1. Jean-Pierre Changeux, *Du Vrai, du Beau, du Bien*, Odile-Jacob, Paris, 2008
2. Jean-Pierre Changeux, *Du vrai, du beau, du bien*, Odile-Jacob, Paris, 2008, p. 28
3. *Ibid*, p. 39
4. *Ibid*, p. 102
5. *Ibid*, p. 135
6. *Ibid*, p. 213
7. *Ibid*, p. 251
8. *Ibid*, p. 372
9. *Ibid*, p. 467
10. *Ibid*, p. 515