



**HAL**  
open science

# Le téléchargement de l'esprit : plus qu'une expérience de pensée ?

Denis Forest

► **To cite this version:**

Denis Forest. Le téléchargement de l'esprit : plus qu'une expérience de pensée ?. Archives de philosophie du droit, 2017, 59, pp.205-213. hal-01796617

**HAL Id: hal-01796617**

**<https://hal.science/hal-01796617>**

Submitted on 21 May 2018

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

# Le téléchargement de l'esprit : plus qu'une expérience de pensée?

Denis FOREST

*Professeur, Département de Philosophie, Université Paris Nanterre, et IHPST, Paris*

RESUME. — Parmi les scénarios proposés par les transhumanistes qui impliquent la survie des personnes au-delà de leur existence biologique, le téléchargement de l'esprit peut être considéré comme le moins extravagant. Dans cet article, j'établis une filiation entre la tradition philosophique des expériences de pensée dérivée de la réflexion de Locke sur l'identité personnelle et la perspective du téléchargement. Cette filiation est particulièrement importante lorsque nous discutons de ce que pourraient être des critères de succès dans un tel contexte et de ce qui est requis par un véritable transfert dans ce type de cas. La défense du téléchargement de l'esprit proposée par Kenneth Hayworth est analysée dans sa relation aux données scientifiques sur lesquelles repose sa justification. Je donne des raisons de douter du bien-fondé de son optimisme en évoquant la recherche en connectomique et en simulation du cerveau.

MOTS CLE. — Identité personnelle -neurosciences- connectomique-transhumanisme-

## I. — TELECHARGEMENT, EXPERIENCES DE PENSEE ET SURVIE

Le téléchargement de l'esprit (*mind uploading*), ou émulation du cerveau, est une technique hypothétique qui pourrait permettre à un individu humain de se survivre par transfert de sa vie mentale d'un support à un autre : son esprit serait transféré du support biologique périssable qu'est son cerveau, à un support artificiel, l'ordinateur, comme nous transférons un fichier informatique d'un site internet à notre PC. Plus précisément, il s'agirait de « prendre un cerveau particulier, de scanner sa structure en détail, et d'en construire un modèle sous forme de programme informatique qui serait si fidèle à l'original, que lorsqu'on le fera tourner sur le support approprié, il se comportera essentiellement de la même façon que le cerveau original »<sup>1</sup>.

---

1 Sandberg et Bostrom, 2008. Voir aussi Wiley, 2014.

[p. 1-8]

Alexandre ANDRE

*Arch. phil. droit* 59 (2017)

Chacun pensera à l'univers de la science-fiction, mais pour un philosophe l'idée du téléchargement de l'esprit fait penser inmanquablement à ces expériences de pensées par lesquelles la philosophie interroge depuis longtemps nos intuitions relatives à ce qui fait l'identité d'une personne<sup>2</sup>. En philosophie de l'esprit, on se demande en particulier à quels changements radicaux la personne peut survivre, et cela pour identifier ce qu'en elle il y a de plus important, de plus essentiel. Ainsi le philosophe Derek Parfit, décédé le 1<sup>er</sup> janvier 2017, a proposé dans son grand livre *Raisons et personnes*<sup>3</sup> un scénario qui fait inmanquablement penser au téléchargement de l'esprit, celui de la téléportation : tandis que sur terre, le scanner détruit mon cerveau et mon corps, il enregistre l'état exact de toutes mes cellules. L'information voyage ensuite par radio et une seconde machine située sur Mars, le répliqueur, reconstruit là-bas un cerveau et un corps exactement comme les miens. L'individu apparu sur Mars n'est pas numériquement identique à l'individu détruit sur la Terre, tous les atomes de son corps sont différents, mais au terme de la procédure c'est bien selon Parfit la même personne, avec la même mémoire autobiographique, les mêmes désirs, qui se survit dans un autre corps.

En fait, l'idée du téléchargement de l'esprit est plus proche encore des scénarios proposés par le père de cette tradition des expériences de pensée, Locke, au xvii<sup>e</sup> siècle<sup>4</sup>. La question était déjà celle de l'identité d'une personne à travers le temps. Locke soutenait une thèse qu'on peut reformuler de la manière suivante : « une personne en un moment ultérieur t2 est la même qu'en un moment antérieur t1 si elle se souvient des pensées et actions passées (à t1) comme des siennes »<sup>5</sup>. C'est ce qu'on appelle le critère de la continuité psychologique en matière d'identité personnelle. Pour mettre cette thèse à l'épreuve, Locke imaginait que l'âme d'un prince avec ses pensées, ses souvenirs, quitte le corps de ce prince pour entrer dans le corps d'un savetier. La question était alors de savoir à qui nous avons affaire avec ce nouveau composé : au prince qui a cédé son âme, ou au savetier dont le corps est l'hôte de cette âme ? « il est évident, disait Locke, qu'il [le savetier, ou du moins son corps] serait la même personne que le prince, et qu'il ne serait responsable que des actes du prince »<sup>6</sup>.

On pourrait considérer cette célèbre expérience de pensée du prince et du savetier comme le modèle lointain de ce qui est envisagé à travers le téléchargement de l'esprit. Le téléchargement de l'esprit est bien un nouvel avatar de l'idée d'existence continuée d'une personne qui survit à son incarnation, à sa réalisation antérieure à l'intérieur d'un nouveau substrat physique. Le critère du succès du téléchargement est bien la possession des traits identifiants de la vie mentale telle qu'elle existait avant le transfert, comme la mémoire autobiographique. Ce qui comptait d'ailleurs pour Locke, ce n'était

---

2 Sur l'usage de ces expériences de pensée et les problèmes afférents, voir Gendler, 1998.

3 Parfit, 1984.

4 Locke, 1694.

5 Clot-Goudard *et al.*, in Lewis *et al.* 2015. Pour la critique de l'interprétation mémorielle de Locke, voir par exemple Weinberg, 2012.

6 Locke, 1694, II, XXVII, 15.

pas la substance mentale (au statut bien incertain) mais la conscience de soi, la conscience de son passé. Ce qu'ajoute le scénario du téléchargement, c'est une audace supplémentaire : non seulement une même personne pourrait exister successivement dans deux entités physiques distinctes (comme dans la téléportation à la Parfit : moi sur Terre, puis un autre moi sur Mars), non seulement pour se survivre la personne n'a pas besoin d'un hôte qui serait un second corps biologique (comme le corps du savetier selon Locke), mais elle n'a pas besoin non plus d'une réplique de son cerveau reconstruit neurone biologique par neurone biologique. Une réplique informatique *de l'organisation et du fonctionnement* du cerveau peut suffire. C'est ce qu'affirmait Olson en 1988 dans un article intitulé « un remède à la mort » : le remplacement du cerveau par une machine fonctionnellement identique n'affecte pas l'identité de la personne<sup>7</sup>. L'idée d'un « remède à la mort » indique bien qu'on veut alors sortir du cadre des expériences de pensée pour aller de la simple *pensée* des conditions de la survie, à un scénario où les *conditions* de notre survie pourraient être réunies. La question est alors : est-ce bien possible ? Est-ce bien sérieux ?

## II. — HAYWORTH ET LA DEFENSE DU TELECHARGEMENT COMME POSSIBILITE AUTHENTIQUE

Une des défenses les plus complètes du téléchargement de l'esprit à avoir été présentées est celle en 2010 de Kenneth Hayworth dans un article intitulé « Tué par une mauvaise philosophie ». Kenneth Hayworth n'est ni un dément ni un scientifique amateur, il est l'auteur d'une thèse en neurosciences sur le système visuel soutenue à l'Université de Californie du sud. Il a été ensuite post-doctorant à Harvard, et il est présentement chercheur dans une grande institution de recherche en Amérique du Nord (le campus Janelia, à Ashburn, en Virginie). Il est également président et cofondateur de la Fondation pour la préservation du cerveau<sup>8</sup>. Selon ce chercheur c'est une erreur de parler de « mort naturelle » ; nous mourrons seulement de l'aveuglement qui nous empêche de reconnaître la possibilité de notre immortalité et de rechercher les moyens d'assurer celle-ci.

Rappelons ce que sont les quatre étapes du scénario de Hayworth : 1. La première est celle de la préservation du cerveau grâce à l'injection d'agents chimiques qui tuent l'individu mais conservent chaque microstructure de son cerveau. 2. La seconde est celle du découpage du cerveau ainsi conservé en fines tranches, puis de la production d'images des structures ainsi révélées et de leur analyse fonctionnelle détaillée. 3. La troisième est celle de l'implémentation de cette description exhaustive et des algorithmes qui modélisent les interactions entre neurones dans un ordinateur qui va

---

7 Olson, 1988.

8 <http://www.brainpreservation.org/>.

[p. 1-8]

permettre de simuler le comportement du cerveau biologique. 4. Enfin cette réplique artificielle du cerveau biologique en activité doit être connectée à un corps lui-même artificiel : ainsi incarné (*embodied*) l'individu pensant doit redevenir l'agent qu'il était avant le début de la procédure, il peut à nouveau exister en un temps et un lieu, modifier le monde et interagir avec lui, ajouter à sa biographie de nouveaux épisodes.

Hayworth est convaincu que pour nos esprits imprégnés de ce qu'il appelle une « mauvaise philosophie », ce scénario relève de la science-fiction. Cette mauvaise philosophie n'est pas la doctrine d'un philosophe en particulier, ni même un courant philosophique. On pourrait dire qu'elle est la rencontre de trois préjugés formant un composé qui imprègne nos esprits.

1. Un préjugé religieux, conforté par la métaphysique dualiste : lorsque le cerveau s'arrête de fonctionner, même temporairement, l'âme s'échappe du corps à jamais.
2. Un préjugé spiritualiste : la matière ne peut pas penser, il ne peut pas y avoir d'esprit produit ni reproduit par une machine.
3. Un préjugé relatif à la nature du soi et à l'unicité de l'esprit individuel : chacun est, non pas une biographie, mais un point de vue sur le monde qu'il ne peut jamais ni partager, ni communiquer à un tiers. Nous sommes chacun emmurés dans l'unicité de notre personne.

Mais pour nous convaincre que cette mauvaise philosophie a tort, Hayworth a recours à une stratégie typique du transhumanisme qu'on pourrait appeler la stratégie de *mise en évidence* d'une résistance irrationnelle. Voici comment il a recours à cette stratégie dans le cas qui nous occupe : il est irrationnel de présumer que la procédure y est tout à fait irréalisable à l'avenir, si la procédure x est déjà réalisable aujourd'hui et que la différence entre y demain et x aujourd'hui est seulement une différence entre un tout (futur) et sa partie (qui est déjà donnée).

Or selon Hayworth la réalisation de chacune des étapes de son scénario est déjà à notre portée, et ce sont des succès non triviaux. La conservation du cerveau, première étape ? L'injection de produits chimiques dans des tissus nerveux en vue de leur préservation est déjà pratiquée, et Hayworth peut nommer les agents (glutaraldéhyde, tétr oxyde d'osmium) qui vont fixer la machinerie moléculaire à l'intérieur de chaque cellule, neurotransmetteur par neurotransmetteur, canal ionique par canal ionique. Il peut également décrire comment l'eau va ensuite être évacuée du cerveau et remplacée par une résine plastique qui va permettre de rigidifier les tissus<sup>9</sup> : on obtiendra ainsi, dit Hayworth, « le fossile le plus parfaitement préservé » qu'on puisse imaginer.

Le découpage et la cartographie exhaustive du cerveau, étape deux ? Nous vivons à l'ère d'une nouvelle branche des neurosciences, la connectomique<sup>10</sup> et grâce au succès des recherches dans ce champ, nous disposons déjà, entre autres, d'une carte complète,

9 Voir la technique appelée plastination développée par le très controversé Gunther von Hagens.

10 Sporns, Tononi et Kötter, 2005.

neurone par neurone, synapse par synapse, du système nerveux du nématode *C. Elegans*, et cela grâce à des procédures en tout point semblables à celles que Hayworth veut appliquer au cerveau humain – découpe, usage du microscope électronique, élaboration d'une matrice des connexions. L'étude pionnière a été publiée en 1986 par Sydney Brenner<sup>11</sup>.

La simulation du cerveau humain, étape trois ? Hayworth ne peut pas ne pas citer le *Blue Brain Project* et son successeur le *Human Brain Project*, qui sous l'impulsion d'Henry Markram a abouti en 2015 à un premier grand résultat, une « reconstruction digitale » de microcircuits dans le cortex somatosensoriel du rat<sup>12</sup> : 31 000 neurones, 37 millions de synapses, lesquels tiennent chez le rat dans un volume inférieur à un tiers de millimètre cube. Au terme de cette reconstruction, on peut reproduire *in silico* des réseaux de neurones, leur activité, et retrouver en eux certaines propriétés de leur activité découvertes par l'étude du cerveau biologique.

Enfin, la quatrième étape est rendue plausible par les progrès de la robotique et des interfaces entre cerveau et ordinateur. Ce dernier point est évidemment d'une grande importance. D'une part la question n'est pas seulement celle d'augmenter le cerveau artificiel d'un appendice mécanique (bras, jambes), mais de doter l'esprit téléchargé du moyen d'acquérir de nouvelles expériences, de nouvelles sensations. D'autre part, l'individualité de l'esprit téléchargé semble inséparable de la localisation spatio-temporelle d'une structure physique à travers laquelle percevoir et agir.

En résumé, Hayworth sait bien que les conditions du succès du téléchargement de l'esprit ne sont pas actuellement réunies, que des obstacles de tous ordres existent. Mais il estime qu'il y a là une possibilité de principe, que sa réalisation est désormais plausible, ce que nous dissimule notre fausse croyance en une impossibilité radicale : en la matière, nous risquons surtout de renoncer sous l'effet conjoint de l'ignorance et du préjugé.

### III. — DESIRABILITE ET POSSIBILITE DU TELECHARGEMENT : DE QUOI EST-IL LEGITIME DE DOUTER ?

Que penser de ce scénario ? La première question qu'on peut lui poser concerne sans doute non sa possibilité, mais sa désirabilité, un point qui n'est jamais abordé par des transhumanistes comme Hayworth, parce qu'ils présupposent une réponse qui ferait consensus. En d'autres termes, en admettant que le téléchargement de l'esprit soit possible, est-il souhaitable ? Si la tristesse est une émotion par laquelle nous répondons à la perte de ce qui nous est cher, ou parfois simplement à l'inéluctabilité de cette perte, sommes-nous nécessairement attristés par la perspective de la fin de la vie

---

11 White *et al.*, 1986.

12 Markram *et al.*, 2015.

[p. 1-8]

qui est la nôtre ? Un individu dont l'existence se poursuivrait dans les conditions décrites ci-dessus pourrait-il être heureux de survivre à sa réalisation biologique antérieure, et sous quelles conditions pourrait-il l'être ? Stuart Mill a pu écrire dans ses *Trois Essais sur la Religion* que la croyance religieuse en une vie future, et le désir qui y correspond, ne sont pas les produits d'une nature humaine immuable. Ils sont selon lui les produits de la misère matérielle et morale de la vie telle qu'on la connaît.

« Il me semble non seulement possible, mais probable que dans une condition plus élevée et surtout plus heureuse de la vie humaine, ce n'est pas l'annihilation, mais l'immortalité, dont l'idée pourrait nous être pénible »<sup>13</sup>.

D'où des questions qu'on pourrait se poser comme : et si le projet de Hayworth traduisait surtout ceci que nous ne nous sommes *pas* rapprochés de cette vie plus heureuse dont parlait Mill. Il pourrait être plus rationnel d'investir dans les moyens de rendre notre vie meilleure dans les limites que nous lui connaissons, ou de rendre meilleure celle de ceux qui viendront après nous, que d'investir dans l'allongement perpétuel de la vie individuelle. Hayworth prend la peine de préciser qu'à l'issue du téléchargement réussi, l'individu peut rejoindre les siens (amis, parents) qui ont subi la même procédure. Mais nous pouvons nous interroger sur ce que serait la santé mentale de l'esprit téléchargé, sur les effets qui seraient liés à la perspective d'une illimitation de la vie consciente, comme à la possibilité d'un téléchargement multiple – plusieurs corps pour ce qui serait au départ la simulation d'une seule vie mentale.

En ce qui concerne la faisabilité du téléchargement, il faut sans doute distinguer entre métaphysique et science. La première importe tout particulièrement dans un contexte où il faudrait déterminer si la procédure aboutit à un succès. À quoi reconnaît-on un téléchargement réussi ? Et question connexe : le succès est-il affaire de tout ou rien ? De ce point de vue, l'évaluation du résultat dépend sans doute pour une part de la métaphysique qu'on choisit. Si on adopte le point de vue de Derek Parfit, le succès de la procédure est une question de degré : au terme du téléchargement et de la greffe du corps, *plus* l'individu a hérité de souvenirs, de dispositions, de compétences, de traits psychologiques du soi antérieur, *plus* on pourra parler de succès. Les arguments négatifs du type : « il n'est plus tout à fait comme avant » ne seront pas très forts puisque dans le roman de Dumas Edmond Danthès et le comte de Monte Christo, dans l'histoire le vainqueur d'Austerlitz et l'exilé de sainte Hélène étaient bien la même personne sans se ressembler tout à fait. Et si on croit avec Parfit que l'identité n'est pas ce qui importe, alors on ne se posera pas trop longtemps de questions supplémentaires du type : et si ce qui a l'air d'être l'ancien moi n'était qu'une imitation réussie ? et si le véritable moi, le moi « profond », avait disparu durant la procédure ? La différence entre succès apparent et succès réel suppose en effet une métaphysique anti-réductionniste du moi<sup>14</sup>

<sup>13</sup> Mill, 1874, in *Collected Works*, X, p. 428.

<sup>14</sup> Voir Engel, 1994.

à laquelle on peut résister si on s'inscrit dans la lignée de Locke et de Parfit. Si, après le téléchargement, je peux faire mien le souvenir ou la disposition à agir qui étaient ceux de l'individu antérieur, et qu'il y a à travers le connectome une connexion causale appropriée entre lui et moi, alors il (cet individu antérieur) se continue en moi et c'est tout ce qui importe. Le téléchargement de l'esprit suppose une certaine métaphysique des personnes ; l'accepter est un prérequis pour évaluer positivement le résultat.

Reste enfin la question centrale, celle de la faisabilité du téléchargement dans sa relation à ce dont la science est déjà capable. Le scénario de Hayworth est-il comme il le dit l'application de procédures déjà familières ? La science peut-elle permettre d'aller au-delà des expériences de pensée de la philosophie en fauteuil ? La réponse la moins contestable me semble être que nous n'en savons rien. La première raison tient à l'étape deux du scénario, à l'idée qu'on se fait de la description adéquate du cerveau dont on veut simuler le fonctionnement. Un chercheur qui a popularisé la connectomique<sup>15</sup>, Sebastian Seung, a affirmé que, littéralement, nous sommes notre connectome : que notre vie mentale, nos souvenirs dépendent seulement de nos neurones et de leurs liaisons au moyen de connexions synaptiques. Parvenir à reproduire toutes les neurones et toutes les connexions synaptiques (du moins toutes leurs propriétés intéressantes) serait retrouver le soi. On observe que le domaine de recherche actuel de Hayworth est précisément l'obtention d'images ultra-détaillées des circuits neuraux ; il est un spécialiste de ce qu'on a appelé ci-dessus l'étape deux, celle qui mène à l'obtention du connectome<sup>16</sup>. Mais à la fin de son livre, Sebastian Seung envisage une autre possibilité : peut-être que les synapses ne font pas tout, peut-être que par exemple la communication extra-synaptique entre les neurones joue un rôle clé que nous ignorons. Il pourrait donc toujours se trouver que ce qui, dans le scénario de Heyworth, est simulé même parfaitement n'est pas le cerveau tel qu'il nous fait penser, mais une version simplifiée de la machinerie cérébrale. Si certains facteurs causaux clés ont été négligés (communication extra-synaptique, cellules gliales), au terme du téléchargement, nous aurions peut-être un moi très lacunaire, amputé de ses souvenirs, comme un fichier corrompu ou un texte caviardé. Ou nous aurions une vague chose pensante sans le moindre rapport avec la personne d'avant la procédure. Ou nous n'obtiendrions tout simplement rien.

Mais les difficultés sont également considérables en ce qui concerne l'étape trois, le téléchargement proprement dit. En ce qui concerne les premiers résultats du *Human Brain Project*, la différence quantitative entre un tiers de millimètre cube du cerveau d'un rongeur et un cerveau humain pris dans son entièreté n'est pas la seule chose à prendre en compte. Ce qui compte surtout est que la reconstruction digitale telle qu'elle a été réussie par Henry Markram et ses collaborateurs permet de modéliser le

---

15 Seung, 2012.

16 Hayworth *et al.*, 2015.  
[p. 1-8]



comportement des assemblées de neurones, mais qu'elle ne cherche pas à recréer ou à transférer les sensations, les expériences, les décisions perceptives, les conditions internes des explorations tactiles du rat biologique dans un cortex artificiel. Cette modélisation peut servir la recherche physiologique, à plus long terme la recherche thérapeutique, il n'est pas établi qu'elle nous rapproche de l'immortalité digitale du rat comme être sentant, pensant, se souvenant, ou de la nôtre. Pour l'instant on progresse dans la physiologie de composants du cerveau, et dans rien d'autre. Aussi le transhumaniste aurait tort de mettre le scepticisme qu'il rencontre uniquement sur le compte de résistances irrationnelles : rien ne nous permet d'affirmer avec certitude que la simulation d'un fragment de cerveau prépare le futur téléchargement de l'esprit et permet de nous en approcher. La question n'est pas celle de la qualité intrinsèque de la science sur laquelle Hayworth veut s'appuyer, mais celle de la *pertinence* de ces recherches par rapport aux perspectives raisonnables de son projet.

En résumé, le problème du téléchargement de l'esprit est à la fois moral (cette procédure serait-elle souhaitable s'il était possible d'y avoir recours) métaphysique et scientifique. Si on accepte le cadre métaphysique dans lequel se meut Hayworth, le problème devient un problème d'ingénieur, un problème de faisabilité. Se réclamant de la science, ses partisans invoquent en leur faveur des succès de la science qui sont bien réels, et tout compte fait, impressionnants. Mais, et c'est la faiblesse de leur argumentation, ces succès ne concernent pas aujourd'hui la possibilité de notre immortalité. En ce sens, ce n'est pas la « mauvaise philosophie » qui nous tue, mais le fait que ce que cherche et trouve la science aujourd'hui n'a pour l'instant qu'un rapport ténu avec le scénario de Hayworth. En l'état des connaissances, la métaphysique de Hayworth, même si on l'accepte, ne suffit pas à faire vivre la promesse de notre immortalité.

denis.forest@wanadoo.fr

### Bibliographie

- P. Engel, *Introduction à la philosophie de l'esprit*, Paris, La découverte, 1994.
- K. Hayworth, "Killed by bad philosophy. Why brain preservation followed by mind uploading is a cure for death". <http://www.brainpreservation.org/content-2/killed-bad-philosophy//>, 2010.
- K. Hayworth *et al.*, "Ultrastructurally-smooth thick partitioning and volume stitching for larger-scale connectomics", *Nature Methods*, 12/4, p. 319-22, 2015.
- T. S. Gendler, "Exceptional persons. On the limits of imaginary cases", in *Journal of consciousness studies*, 5, p. 592-610, 1998.

- D. Lewis, D. Parfit, R. Swinburne, *Identité et Survie*, textes traduits et présentés par Rémi Clot-Goudard, Vanessa Di Marino, Stéphane Dunand et Mathieu Mulcey, Paris, Ithaque, 2015.
- J. Locke, *An Essay on human Understanding*, Oxford, Clarendon Press, Nidditch, 1694/1975.
- H. Markram *et al.*, "Reconstruction and simulation of neocortical microcircuitry", *Cell*, 163, p. 456-492, 2015.
- S. Mill, *Three Essays on religion*, in *The Collected Works of John Stuart Mill*, volume X, Toronto University Press, 1874/1969.
- C. B. Olson, "A possible cure for death", *Medical hypotheses*, 26/1, p. 77-84, 1988.
- D. Parfit, *Reasons and persons*, Oxford, Clarendon Press, 1984.
- G. Paul et E. D. Cox, *Beyond Humanity. CyberEvolution and future minds*, Charles Rivers Media Inc, 1996.
- A. Sandberg et N. Bostrom, *Whole brain emulation, a roadmap*. Technical Report, Future of Humanity Institute, Oxford University, 2008 <http://www.fhi.ox.ac.uk/brain-emulation-roadmap-report.pdf>.
- S. Seung, *Connectome. How the brain wiring makes us who we are*. Penguin Books 2012.
- O. Sporns, G. Tononi et R. Kötter, "The Human Connectome: A Structural Description of the Human Brain", *PLoS*, 1, 4, p. 245-51, 2005.
- S. Weinberg, "The metaphysical fact of Consciousness in Locke's Theory of personal Identity" in *The Journal of History of Philosophy* 50, p. 387-415, 2012.
- J. G. White *et al.*, "The Structure of the Nervous System of the Nematode *Caenorhabditis elegans*", *Philosophical transactions of the Royal Society*, B, 314/1165, p. 1-340, 1986.
- K. Wiley, *A taxonomy and metaphysics of mind-uploading Humanity* Press et Alautun Press 2014.