

Des illusions aux hallucinations visuelles: une porte sur la perception

This manuscript ([permalink](#)) was automatically generated from [laurentperrinet/2019-05 illusions-visuelles@294f453](#) on April 26, 2019.

Authors

- **Laurent U Perrinet**

 [0000-0002-9536-010X](#) ·  [laurentperrinet](#) ·  [laurentperrinet](#)

Institut de Neurosciences de la Timone, CNRS / Aix-Marseille Université · Funded by This work was supported by ANR project "Horizontal-V1" N°ANR-17-CE37-0006.

Abstract

Les illusions visuelles sont des créations d'artistes, de scientifiques et plus récemment, grâce aux réseaux sociaux, du grand public qui proposent des situations souvent incongrues, dans lesquelles l'eau remonte une cascade, les personnes volent dans les airs ou des serpents se mettent à tourner. Au-delà de leur indéniable côté ludique, ces illusions nous apprennent beaucoup sur le fonctionnement du cerveau, notamment quand celles-ci se transforment en hallucinations visuelles, dépassant ainsi les limites des capacités de notre perception. En tant que chercheur en Neurosciences à l'Institut de Neurosciences de la Timone à Marseille, je vous dévoilerai des aspects du fonctionnement du cerveau qui sont souvent méconnus. En particulier, nous verrons pourquoi un magicien peut tromper nos sens ou comment des objets peuvent voyager dans le temps. Surtout nous essaierons de comprendre le fonctionnement de notre perception visuelle sur les bases d'une théorie de la vision non pas comme une simple caméra qui enregistre des images mais comme un processus actif en relation avec le monde qui nous entoure.

TOTO

This manuscript is a template (aka "rootstock") for [Manubot](#), a tool for writing scholarly manuscripts. Use this template as a starting point for your manuscript.

The rest of this document is a full list of formatting elements/features supported by Manubot. Compare the input (`.md` files in the `/content` directory) to the output you see below.

Basic formatting

Bold text

Semi-bold text

Centered text

Right-aligned text

Italic text

Combined *italics* and **bold**

~~Strikethrough~~

1. Ordered list item
2. Ordered list item
 - a. Sub-item
 - b. Sub-item
 - i. Sub-sub-item
3. Ordered list item
 - a. Sub-item

- List item
- List item
- List item

superscript²

subscript_{2n+1}

[unicode superscripts](#)⁰¹²³⁴⁵⁶⁷⁸⁹

[unicode subscripts](#)₀₁₂₃₄₅₆₇₈₉

A long paragraph of text. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit, sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua. Ut enim ad minim veniam, quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi ut aliquip ex ea commodo consequat. Duis aute irure dolor in reprehenderit in voluptate velit esse cillum dolore eu fugiat nulla pariatur. Excepteur sint occaecat cupidatat non proident, sunt in culpa qui officia deserunt mollit anim id est laborum.

Putting each sentence on its own line has numerous benefits with regard to [editing](#) and [version control](#).

Line break without starting a new paragraph by putting two spaces at end of line.

Document organization

Document section headings:

Heading 1

Heading 2

Heading 3

Heading 4

A heading centered on its own printed page

Horizontal rule:

Heading 1's are recommended to be reserved for the title of the manuscript.

Heading 2's are recommended for broad sections such as *Abstract*, *Methods*, *Conclusion*, etc.

Heading 3's and Heading 4's are recommended for sub-sections.

Links

Bare URL link: <https://manubot.org>

[Link with text](#)

[Link with hover text](#)

[Link by reference](#)

Citations

Citation by DOI [[1](#)].

Citation by PubMed Central ID [[2](#)].

Citation by PubMed ID [[3](#)].

Citation by Wikidata ID [[4](#)].

Citation by ISBN [[5](#)].

Citation by URL [[6](#)].

Citation by tag [[7](#)].

Multiple citations can be put inside the same set of brackets [[1](#),[5](#),[7](#)]. Manubot plugins provide easier, more convenient visualization of and navigation between citations [[2](#),[3](#),[7](#),[8](#)].

Referencing figures, tables, equations

Figure [1](#)

Figure [2](#)

Figure [3](#)

Figure [4](#)

Table [1](#)

Equation [1](#)

Equation [2](#)

Quotes and code

Quoted text

Quoted block of text

Two roads diverged in a wood, and I—
I took the one less traveled by,
And that has made all the difference.

Code `in the middle` of normal text, aka `inline code`.

Code block with Python syntax highlighting:

```
from manubot.cite.doi import expand_short_doi

def test_expand_short_doi():
    doi = expand_short_doi("10/c3bp")
    # a string too long to fit within page:
    assert doi == "10.25313/2524-2695-2018-3-vliyanie-enhansera-copia-i-
insulyatora-gypsy-na-sintez-ernk-modifikatsii-hromatina-i-svyazyvanie-
insulyatornyh-belkov-vtransfetsirovannyh-geneticheskikh-konstruktsiyah"
```

Code block with no syntax highlighting:

```
Exporting HTML manuscript
Exporting DOCX manuscript
Exporting PDF manuscript
```

Figures

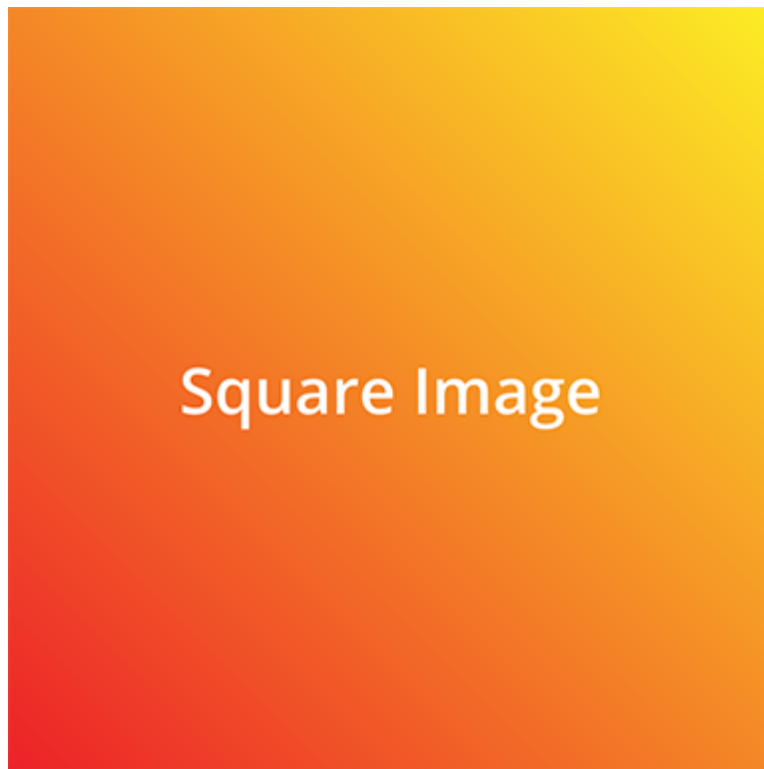


Figure 1: A square image at actual size and with a bottom caption. Loaded from the latest version of image on GitHub.

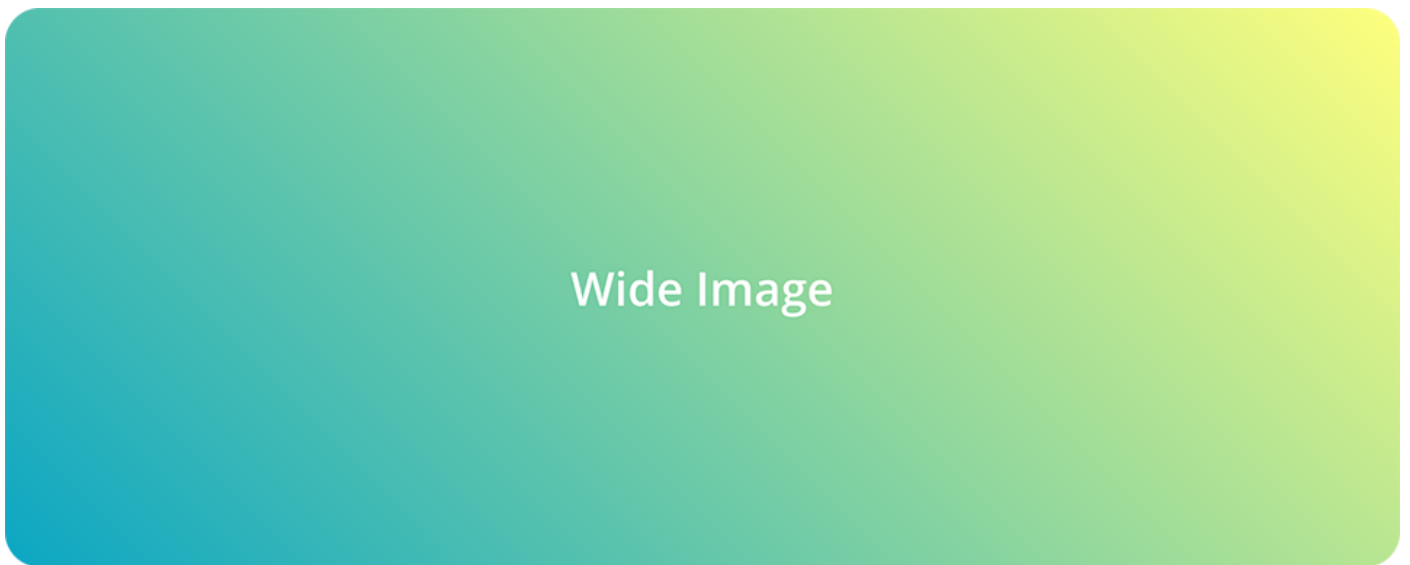


Figure 2: An image too wide to fit within page at full size. Loaded from a specific (hashed) version of the image on GitHub.

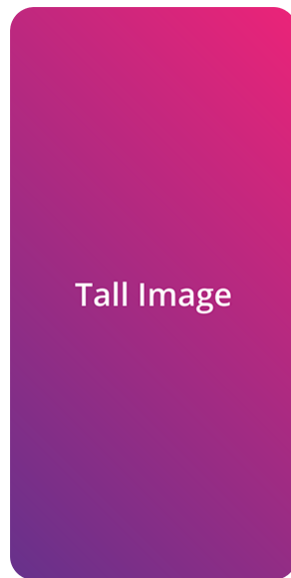


Figure 3: A tall image with a specified height. Loaded from a specific (hashed) version of the image on GitHub.



Figure 4: A vector `.svg` image loaded from GitHub. The parameter `sanitize=true` is necessary to properly load SVGs hosted via GitHub URLs. White background specified to serve as a backdrop for transparent sections of the image.

Tables

Table 1: A table with a top caption and specified relative column widths.

<i>Bowling Scores</i>	Jane	John	Alice	Bob
Game 1	150	187	210	105
Game 2	98	202	197	102
Game 3	123	180	238	134

Table 2: A table too wide to fit within page.

	Digits 1-33	Digits 34-66	Digits 67-99	Ref.
pi	3.141592653589793238462 64338327950	2884197169399375105820 97494459230	7816406286208998628034 82534211706	<code>piday.org</code>
e	2.718281828459045235360 28747135266	2497757247093699959574 96696762772	4076630353547594571382 17852516642	<code>nasa.gov</code>

Equations

A LaTeX equation:

$$\int_0^{\infty} e^{-x^2} dx = \frac{\sqrt{\pi}}{2} \quad (1)$$

An equation too long to fit within page:

$$x = a + b + c + d + e + f + g + h + i + j + k + l + m + n + o + p + q + r + s + t + u + v + w + x + y + z + 1 + 2 + 3 + 4 + 5 + 6 + 7 + 8 + 9 \quad (2)$$

Special

⚠ WARNING The following features are only supported and intended for `.html` and `.pdf` exports. Journals are not likely to support them, and they may not display correctly when converted to other formats such as `.docx`.

LINK STYLED AS A BUTTON

Available background colors for text, images, code, banners, etc:

white lightgrey grey darkgrey black lightred lightyellow lightgreen
lightblue lightpurple red orange yellow green blue purple

Using the [Font Awesome](#) icon set:

✓ ? ★ 🔔 ⓧ …

Light Grey Banner

useful for *general information* - manubot.org

Blue Banner

useful for *important information* - manubot.org

Light Red Banner

useful for *warnings* - manubot.org

Nous allons ici montrer comment les limites de la perception permettent et peuvent nous aider à mieux comprendre le fonctionnement du cerveau et de ses pathologies. En partant des illusions visuelles, nous allons ensuite explorer différentes hypothèses pour comprendre ses illusions, mais aussi pour aborder une Neuro anatomie fonctionnelle des hallucinations et allusion illusions visuelles.

Illusion visuelle et hallucinations

L'étymologie du mot illusion réfère à la tromperie et nous permet de définir les illusions visuelles comme une stimulation visuelle qui induit une perception décalée par rapport à la réalité physique (entre parenthèses le stimulus proximal). Dans l'illusion classique dite de ring par exemple, deux lignes parallèles placées sur un faisceau de ligne deux lignes convergente semble courbé comme si le centre de l'image c'était gonflé par rapport à sa périphérie. Cette illusion est stable même si l'on prend une règle pour vérifier physiquement le parallélisme des lignes (ou simplement en enlevant les lignes fuyantes). Aussi, il n'est pas possible de ne pas la percevoir. Ainsi, pour cette illusion comme pour une grande variété d'autres illusions visuelles statique ou dynamique ou sur d'autres modalités comme le toucher, les illusions visuelles ont tout d'abord par ce caractère quasi universelle et intuitif c'est-à-dire sans qu'il faille expliquer un mode d'emploi pour les illusions.

À ce titre, une illusion et remarques Cable à bien À ce titre, une illusion particulière est remarquable à bien des égards. En effet, de nombreuses désillusions comme le cube de Necker sont Multi stable, dans le sens où la perception peut alterner autour de plusieurs interprétations possibles de la même image. Dans le cas de

#LaRobe, Nous Avons Une Image Qui A Le Pouvoir De Diviser Une Population Entre Des Perceptions Alternatives. Nous avons une image qui a le pouvoir de diviser une population entre des perceptions alternatives. Au lieu d'être créée par des scientifiques cette illusion a émergé à partir d'une simple photo prise lors de la préparation d'une cérémonie de mariage. Postée sur les réseaux sociaux, cette photo a eu un destin fulgurant et mondiale grâce à l'ambiguïté sur la couleur de la robe. Ainsi si je vous demande de donner vous-même votre avis pensez-vous qu'elle est blanche et or ou alors qu'elle est bleu avec des bandes noires ? Même si le débat fait toujours rage, les explications scientifiques (article et session spéciale) convergent sur une perception de la couleur qui est modifiée par le contexte au niveau de Will do licks to guestroom vos de l'explication. En effet notre système visuel doit pouvoir identifier la couleur d'un objet (par exemple pour évaluer la maturité d'un fruit comme une banane) quelque soit les conditions lumineuses, un matin le midi avec une lumière crue ou le crépuscule avec une lumière orangée du soir. Ici le fond et sur Ici le fond est surexposée et rend cette interprétation ambiguë et deux heures près interprétations sont possibles pour cette image comme illustré dans la figure de droite. Je peux vous dévoiler que sur un échantillon représentatif une courte majorité voit la robe bleue et que les femmes attendent à plutôt préféré la voir blanche avec des bandes dorées. Un aspect remarquable de cette illusion et d'une part sa stabilité sa stabilité et d'autres par la difficulté de changer d'après d'interprétation c'est-à-dire de passer une couleur bleue à une perception d'une couleur blanche. Cette illusion est à mes yeux d'autant plus puissante car elle met en évidence que les images sont en train d'être interprétées par notre système visuel, mais aussi apporter ce message universel une propriété de nos fonctions catégorielles et de pouvoir interpréter interpréter la même objet physique de différentes façons et donc de réconcilier des groupes humains qui peuvent avoir des façons contrastées de voir des objets physiques qui sont identiques. Pour reprendre le célèbre proverbe on pourrait dire que « l'illusion est humaine »

Pour aller plus loin, il est intéressant d'intéressant de considérer cette image prise en 1971 par la sonde Viking d'une partie de la surface de la planète Mars. L'image est relativement floue « les points noirs sont des erreurs de mesure » mais l'on distingue très clairement un visage de type humain comme une sculpture géante laissée là par une civilisation extraterrestre. Quelques 20 ans plus tard, de nouvelles images ont été réalisées par de nouvelles sondes spatiales et montrent aussi une forme de visage. Mais une fois la résolution de l'image affinée les détails du relief révèlent qu'il n'y a pas physiquement de sculpture de ce type mais seulement un simple rocher. C'est un cas de paralysie Dolly : quelque chose est perçu alors qu'il est physiquement absent. De la même façon, on peut voir un cheval courir dans les nuages, ou le visage du Christ dans un poste, le constat est le même : le système visuel et en particulier la perception qui en découlent non seulement interprètent les images, mais sur, Mais surtout, il ne peut pas faire autrement que de générer une interprétation à partir d'images même si elles ne font pas a priori sens. Dans ce genre d'illusion on se rapproche donc d'une hallucination, qui peut être définie comme une perception sans objet.

Pour résumer, les illusions visuelles, en plus de leur côté ludique, nous révèle des caractéristiques essentielles de notre perception visuelle temps sur les caractéristiques universel que les variabilité inters et Intras individuel. Malgré la diversité des formes des illusions visuelles et sur la diversité des explications qu'on peut leur faire correspondre, existe-t-il des.com hein qui permettrait d'en avoir une compréhension unifiée ? Quelles pourraient être les liens profonds entre illusions visuelles avec des lunettes hallucinations aussi bien chez les sujets Neuro typique que dans des panneaux pathologie psychiatrique psychologique.

Perception visuelle et opérations prédictive

Avant des décès avant d'essayer de donner une réponse à ses questions, rappelons une contrainte fondamentale à laquelle notre cerveau est confronté : l'environnement et dynamique et notre cerveau est (relativement) long. En effet les travaux de Simon Thorpe à Toulouse au Serco ont montré des capacités de catégorisons Des capacités de catégorisation d'image chez les primates humains ou non nous n'en humains qui peuvent aller jusqu'à environ 100000 ms chez l'humain et 80 ms chez le singe. C'est remarquablement rapide mais relativement long si le considère une tâche simple d'interception d'un objet en mouvement. Sinon considère par exemple un agent regardant une balle de tennis passé à une vitesse de 20 m/s à une distance de 1 m devant son regard alors au moment de passer dans l'axe de vision du joueur de tennis la balle va la balle va être placé en arrière de la trajectoire à cause du délai sensoriel. Plus précisément la balle est placé à l'instant où l'image est prise à environ 45° d'angle visuel en retard sur la position réelle actuelle de la balle. À noter que la position de la balle est sur l'axe de vision (tel celle figurer par cette position des yeux), mais que pour le système sensoriel, cette position présente doit être anticipée. Notons aussi notons aussi que la position de la balle, dans cette représentation rétinienne, au moment où l'action sera réalisé (après le tété délai total sensorimoteur fermer les parenthèses pourra être estimé à partir de la continuité du mouvement de la balle. C'est-à-dire qu'elle sera encore environ à 45° d'angle visuel mais cette Foissy en avant de la trajectoire, dans son futur. Il semble incroyable que ce genre de voyage dans le temps puisse s'opérer dans notre cerveau, mais une simple illusion visuelle permet de mettre ces mécanismesC'est mécanismes en évidence.

En effet, l'illusion du flash retardé (flash Lag Effekt en anglais) permet de mettre en évidence des dynamiques de traitement dans le système visuel. Dans cette illusion, l'observateur doit fixer environ au centre de l'écran. Une cible en mouvement horizontal apparaît et quand elle passe aux environs du centre de l'écran, un bref flash est présenté immédiatement au-dessous. Perceptives man, on observe chez une vaste majorité d'observateur que la cible en mouvement est perçu, au moment du flash,, En avant de la trajectoire. L'hypothèse originale de Romy ninja one propose que la cible est représenté perceptive man de telle façon à ce qu'elles occupent sa position au temps présent, de manière anticipatives. Par contre, le flash est imprévu et sa position ne peut pas être anticipée. C'est ce que nous avons montré dans ce travail de modélisation qui montre une évaluation quantitative des production d'un tel modèle.

Plus généralement, ce travail nous a conduit à émettre l'hypothèse que le cerveau hutte que le cerveau utilise les régularité statistiques du monde pour arriver d'une façon ou d'une autre à compresser à compenser les contraintes de délai et par exemple à « prédire le présent ». Une telle hypothèse permet de formaliser un bon nombre d'illusions et en particulier l'illusion de Hering que nous avons envie ci-dessus. En effet, les lignes fuyante donne un contexte de perspective et en supposant un moment écologiquement significative, comme une marche vers le point de fuite. À ce titre, les courbes horizontal sont le plus probablement perpendiculaire le plus probablement perpendiculairement perpendiculaire à l'axe de vision et à celui de la marche. Perceptive man elles sont donc placés à des distances différentes de l'œil et sont alors anticiper dans l'espace rétinien de telle sorte à ce que leur position est président prédit à l'instant présent d'où la forme bombé caractéristique de la perception dans cette illusion. Une extension de cette hypothèse est que le cerveau Une extension de cette hypothèse est que le cerveau construisent par des processus prédictif une image mentale de la scène

visuelle. Une telle hypothèse permet de créer un environnement de travail complet qui permet de valider quatre quantitativement cette compréhension du cerveau ouvrez les parenthèses c'est aussi le seul paradigme théorique qui soit aussi complet). C'est une théorie formaliser par le professeur Karl Friston à l'ombre sous le terme de principe de minimisation de l'énergie libre. Sans rentrer dans les détails sans rentrer dans les détails mathématiques de ce principe, cette théorie permet de formaliser des modèles génératif pour toute sensation qui est reçu par nos organes et de considérer une représentation interne comme un État caché, c'est-à-dire un État une représentation et termes internes que l'on va essayer d'estimer, pour créer une variable d'énergie libre qui donne une borne supérieur à la surprise de l'agent de l'agent connaissant un modèle génératif religion sensations états internes et action. L'agent peut alors minimiser cette variable propre pour prédire au mieux son état, comme la position d'une cible. On peut aussi considérer un agent qui puisse agir sur cette environnement on parle on parle alors d'inférence active. En utilisant cette formalisation, il est alors possible de l'exprimer sous forme d'équation qui reprennent la structure du passage d'information dans le graphe formé par les différentes régions cérébrales. Depuis les their sensoriel comme la rétine aux aires associatives comme celle qui forment les voies visuelles jusqu'aux airs regroupant les motoneurones qui vont permettre de générer une action motrice est un comportement. Nous avons contribué avec Rick Adams et Karl Friston à l'application de ce principe pour expliquer des différences entre des patients Neuro typique et des schizophrènes. En se focalisant sur les mouvements des yeux, Espace nous avons démontré dans Adams 2012 que ce paradigme permet d'expliquer les différences dans les mouvements dit de poursuites lente. Il est alors remarquable d'observer en perturbant dans le modèle les gains synaptique des voies descendantes, c'est-à-dire celle qui permet d'affiner le modèle interne de représentation du monde, ont répliqué des caractéristiques comportementales des patients schizophrène. En particulier, c'est mouvements sont expliquées dans ce modèle comme une forme de Delusion quiDe délit vision qui consiste à accorder un poids relatif exagéré aux croyances représenté par le cerveau passeport à celle apportée par l'essence. Cette approche est étendu actuellement par le docteur Richard Adams afin d'apporter à terme des solutions thérapeutiques et une meilleure compréhension de pathologies comme la schizophrénie.

Vers une Neuro anatomie fonctionnelle des illusions et des hallucinations

Au cours de notre description et définition désigne des illusions nous nous approchons donc des îles hallucinations. Comment expliquer alors la formation d'images hallucinées, comme celle induite par la prise de drogue ou de psychotropes ? Peut-on alors dessiner une Neuro anatomie fonctionnelle qui puisse expliquer ses illusions ses illusions et ses hallucinations dans un cadre unifiée ?

La contrainte de la représentation corticale

Une hypothèse novatrice proposée par Paul Bresson est ce collègue en 2012 2002 et de voir l'origine de certaines illusions ou hallucinations dans la structure de la représentation rétinienne et des représentations de cette espace visuel dans l'air visuel primaire. En effet la représente En effet la représentation rétinienne de l'espace visuel et corps est organisé de façon polaire avec une forte densité au centre division près de l'axe de vision. La représentation corticale d'une ligne est un segment dans l'espace corticale et inversement un segment dans l'espace corticale va apparaître et être perçu comme une courbe par exemple une spirale une fois reprochent et dans l'espace visuel codé par l'espace rétinien. En se basant sur une modélisation des connexions latéral entre des populations voisines de neurones de l'air visuel primaire, il a alors établi dans un modèle de champ de Ronal qui régit la dynamique de la carte d'activité l'émergence de représentation privilégiée. Comme nous l'avons décrit à l'échelle microscopique avec notre modèle d'agent schizophréniques, Bresson love décodeur ont alors analyser Matic mathématiquement les états du système quand on perturber certains paramètres du système, notamment les points synaptique régissant les interactions dans la carte corticale. Il montre alors un point essentiel : à partir d'un certain seuil de prise de drogue, des entre guillemets « des hallucinations » peuvent émerger avec l'émergence d'une structure stable dans la carte corticale est en allemand ses états une fois un reproche télé sur l'espace visuel dessine des

spiraales et des ensembles de lignes qui sont très proches qui sont très proche des Assions Lucie Nation telles qu'elles ont été rapportés après la prise de drogues diverses allant de la marijuana au pédiatre ou à la mescaline. Ce type de modélisation permet d'un côté d'expliquer la formation d'hallucinations, mais aussi de définir une Neuro géométrie, c'est-à-dire un formalisme mathématique reliant la géométrie les neurosciences et la gène géométrie des relations existant entre des sous module d'une ère de l'ère corticale visuel primaire.

Pour aller plus loin dans cette direction, peut-on étendre cette modélisation cette méthodologie à la dynamique présente dans certaines illusions, comme celle du « Ligne » ? En effet, en présentant un. Puis une ligne on induit une perception (un mouvement dit fille) d'une expansion du point pour « remplir » la ligne. L'originalité de l'étude de Jan qui est collègue est utilisé une technique Dîmages Dîmages une technique d'imagerie qui permet d'enregistrer l'activité sur le cortex visuel primaire (ici du chat anesthésié) lors de la présentation de cette illusion d'optique. À noter qu'en comparant l'activité produite par les deux éléments présentés séparément ou conjointement, on met en évidence une activité différentiel qui est caractéristique de la perception de cette illusion. Une même méthode de méthodologie permet de mettre en évidence un mécanisme normaloriginal. Pour cela on utilise cette fois 1 illusion encore plus simple qui consiste à montrer un point à une position de l'espace visuel puis un. Puis un. Exactement similaire mais à une distance proche est supérieur à la taille de ce point. On pense on perçoit alors un est un seul point qui se déplace de lame première à la seconde position. Au niveau des enregistrements (cette Foissy chez le macaque) la réponse différentiel montre que relativement à un traitement différentiel et indépendamment des est indépendant des :, il existe une vague d'activité qui se déplace sur le Cartex qui en particulier supprime une partie de l'activité. Une modélisation sur ordinateur a permis de montrer une fonction de cette vague de suppression et potentiellement de lever les ambiguïtés sur les différents mouvements possibles représentés sur la carte et dans ce cas particulier de supprimer la représentation d'un mouvement dans le sens opposé. Toutefois, beaucoup de questions restent en suspens. Avec ses résultats, mais montre Laurent le potentiel de vague d'activité sur la surface du cortex comme un outil potentiel de traitement de l'information et de sa modulation,Citation Facilitation ou suppression qui peuvent constituer un corps elle a des calculs effectués par le cerveau pour représenter au mieux l'image visuelle.

Conclusion

Pour résumer, les illusions et hallucinations nous ouvre une porte sur les possibilités de la perception mais aussi sur une roue atteint Domi fonctionnel désert corticale. Baltic physically weary AsiansMais aussi sur une Neuro anatomie fonctionnelle désert corticale. La mobilisation notamment celle que nous proposons, offre une opportunité nouvelles d'appréhender ces mécanismes. Les outils théoriques permettant cette recherche existe mais non pour le moment pas été exploité dans leur plein potentiel. De tels outils seront essentiels à une meilleure compréhension du cerveau, de ses illusions mais aussi des hallucinations et de ce qui peut la provoquer.

References

1. Sci-Hub provides access to nearly all scholarly literature

Daniel S Himmelstein, Ariel Rodriguez Romero, Jacob G Levernier, Thomas Anthony Munro, Stephen Reid McLaughlin, Bastian Greshake Tzovaras, Casey S Greene

eLife (2018-03-01) <https://doi.org/ckcj>

DOI: [10.7554/elife.32822](https://doi.org/10.7554/elife.32822) · PMID: [29424689](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29424689/) · PMCID: [PMC5832410](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/PMC5832410/)

2. Reproducibility of computational workflows is automated using continuous analysis

Brett K Beaulieu-Jones, Casey S Greene

Nature biotechnology (2017-04) <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6103790/>

DOI: [10.1038/nbt.3780](https://doi.org/10.1038/nbt.3780) · PMID: [28288103](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28288103/) · PMCID: [PMC6103790](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/PMC6103790/)

3. Bitcoin for the biological literature.

Douglas Heaven

Nature (2019-02) <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/30718888>

DOI: [10.1038/d41586-019-00447-9](https://doi.org/10.1038/d41586-019-00447-9) · PMID: [30718888](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30718888/)

4. Plan S: Accelerating the transition to full and immediate Open Access to scientific publications

cOAlition S

(2018-09-04) <https://www.wikidata.org/wiki/Q56458321>

5. Open access

Peter Suber

MIT Press (2012)

ISBN: [9780262517638](https://www.isbn-international.org/product/9780262517638)

6. Clone me to create your manuscript. Contribute to manubot/rootstock development by creating an account on GitHub

Manubot (2019-04-24) <https://github.com/manubot/rootstock>

7. Opportunities and obstacles for deep learning in biology and medicine

Travers Ching, Daniel S. Himmelstein, Brett K. Beaulieu-Jones, Alexandr A. Kalinin, Brian T. Do, Gregory P. Way, Enrico Ferrero, Paul-Michael Agapow, Michael Zietz, Michael M. Hoffman, ... Casey S. Greene

Journal of The Royal Society Interface (2018-04) <https://doi.org/gddkhn>

DOI: [10.1098/rsif.2017.0387](https://doi.org/10.1098/rsif.2017.0387) · PMID: [29618526](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29618526/) · PMCID: [PMC5938574](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/PMC5938574/)

8. Open collaborative writing with Manubot

Daniel S. Himmelstein, Vincent Rubineti, David R. Slochower, Dongbo Hu, Venkat S. Malladi, Casey S. Greene, Anthony Gitter

(2019-04-22) <https://greenelab.github.io/meta-review/>

Acknowledgements

We'd like to thank the individuals, not listed as authors, who provided comments on

References

1. Sci-Hub provides access to nearly all scholarly literature

Daniel S Himmelstein, Ariel Rodriguez Romero, Jacob G Levernier, Thomas Anthony Munro, Stephen Reid McLaughlin, Bastian Greshake Tzovaras, Casey S Greene

eLife (2018-03-01) <https://doi.org/ckcj>

DOI: [10.7554/elife.32822](https://doi.org/10.7554/elife.32822) · PMID: [29424689](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29424689/) · PMCID: [PMC5832410](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/PMC5832410/)

2. Reproducibility of computational workflows is automated using continuous analysis

Brett K Beaulieu-Jones, Casey S Greene

Nature biotechnology (2017-04) <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6103790/>

DOI: [10.1038/nbt.3780](https://doi.org/10.1038/nbt.3780) · PMID: [28288103](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28288103/) · PMCID: [PMC6103790](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/PMC6103790/)

3. Bitcoin for the biological literature.

Douglas Heaven

Nature (2019-02) <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/30718888>

DOI: [10.1038/d41586-019-00447-9](https://doi.org/10.1038/d41586-019-00447-9) · PMID: [30718888](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30718888/)

4. Plan S: Accelerating the transition to full and immediate Open Access to scientific publications

cOAlition S

(2018-09-04) <https://www.wikidata.org/wiki/Q56458321>

5. Open access

Peter Suber

MIT Press (2012)

ISBN: [9780262517638](https://www.isbn-international.org/product/9780262517638)

6. Clone me to create your manuscript. Contribute to manubot/rootstock development by creating an account on GitHub

Manubot (2019-04-24) <https://github.com/manubot/rootstock>

7. Opportunities and obstacles for deep learning in biology and medicine

Travers Ching, Daniel S. Himmelstein, Brett K. Beaulieu-Jones, Alexandr A. Kalinin, Brian T. Do, Gregory P. Way, Enrico Ferrero, Paul-Michael Agapow, Michael Zietz, Michael M. Hoffman, ... Casey S. Greene

Journal of The Royal Society Interface (2018-04) <https://doi.org/gddkhn>

DOI: [10.1098/rsif.2017.0387](https://doi.org/10.1098/rsif.2017.0387) · PMID: [29618526](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29618526/) · PMCID: [PMC5938574](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/PMC5938574/)

8. Open collaborative writing with Manubot

Daniel S. Himmelstein, Vincent Rubineti, David R. Slochower, Dongbo Hu, Venkat S. Malladi, Casey S. Greene, Anthony Gitter

(2019-04-22) <https://greenelab.github.io/meta-review/>