

ANGLE DE VUE

de la lumière à l'unité

La plupart des phénomènes qui nous sont familiers mettent en jeu l'interaction de la lumière et des électrons (ensemble des phénomènes traités par chimie et biologie par exemple). Seuls les phénomènes de gravitation et les processus nucléaires échappent à cette théorie.

Richard Feynman

Richard Feynman a reçu le prix Nobel de physique en 1965 pour avoir décrit, avec une précision jamais atteinte auparavant, ce qui se passe lorsque la lumière rencontre la matière. Cette description s'appelle l'électrodynamique quantique, et « cette théorie », dans sa phrase, c'est elle. Ce qu'il dit là est plus simple qu'il n'y paraît, et beaucoup plus vaste. Il suffit de regarder autour de soi : la couleur des feuilles, la chaleur d'un feu, le goût du pain, la rouille sur un vélo, le fait même que cette page soit visible. Tout cela, sans exception, ce sont des électrons et de la lumière qui interagissent. La chimie entière tient là-dedans. La biologie aussi. Nous aussi.

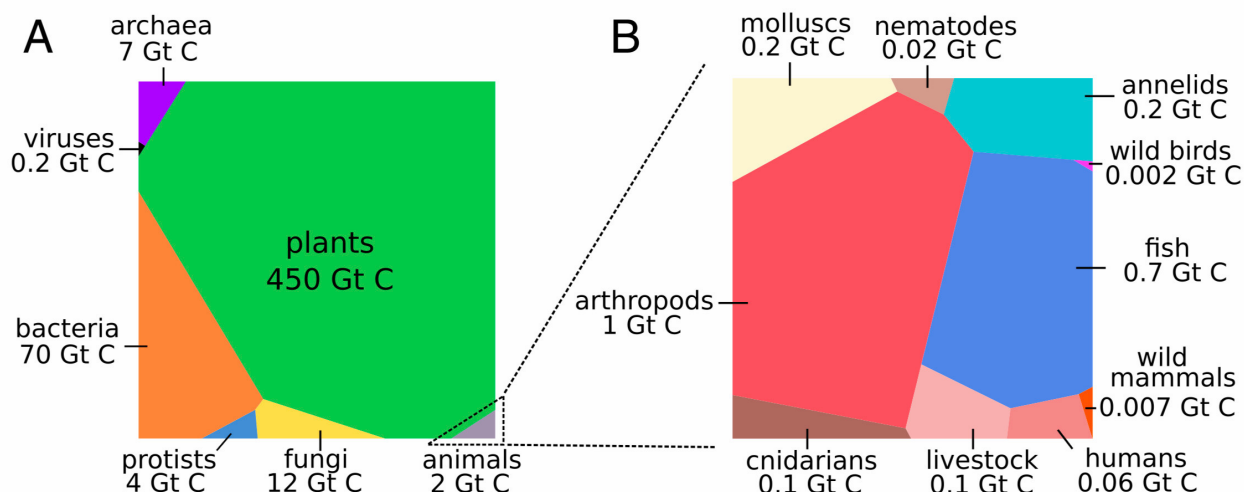
Feynman met deux choses de côté. La gravitation, qui fait tomber les pommes et tourner les planètes. Et les processus nucléaires, qui allument le cœur des étoiles. Tout le reste – absolument tout ce qui nous est familier – est affaire de lumière et d'électrons.

C'est de là que part ce texte. Si presque tout ce qui nous entoure est affaire de lumière et d'électrons, alors la vie aussi. Et si la vie est affaire de lumière et d'électrons, on peut essayer de la suivre sous cet angle : depuis le premier photon absorbé par une feuille jusqu'à nous, jusqu'à ce que nous appelons « le monde », jusqu'à ce que nous appelons « le sens ».

C'est un angle de vue. Il en existe d'autres. Celui-ci a l'avantage d'être court, et de ne rien demander de plus que ce que la physique nous donne déjà.

la matière vivante

Il y aurait de l'ordre de 550 gigatonnes de carbone (Gt C) de matière vivante sur terre dont 450 Gt C de plantes et 12 Gt C de champignons, surtout sur les continents, 70 Gt C de bactéries et 7 Gt C d'archaea, plutôt dans des sous-sols profonds, et 4 Gt C de protistes et 2 Gt C d'animaux, plutôt dans les océans. L'unité Gt C permet de s'affranchir de leur teneur en eau.



Depuis 50 000 ans, la masse des plantes aurait été réduite par deux, le nombre d'espèces de mammifères de plus de quarante kilogrammes également.

La masse des mammifères sauvages terrestres aurait été réduite par sept, celle des mammifères marins par cinq. Par contre, la masse totale des mammifères aurait été multipliée par quatre, du fait de l'humanité et des espèces domestiquées.

La masse végétale cultivée par l'homme serait de 10 Gt C. Selon le Global Carbon Project, les émissions globales des Humains (énergies fossiles, ciment, changement d'utilisation des sols) seraient de 11 Gt C par an.

L'ordre de grandeur mérite d'être retenu : la vie sur Terre est très majoritairement végétale, et les animaux n'en représentent que 2 Gt C, deux pour mille. Pourtant, en cinquante mille ans, une seule espèce animale a déplacé la moitié de la masse végétale de la planète. Comment une frange aussi mince a-t-elle pu prendre autant de place ?

La matière vivante reçoit de l'énergie du soleil, la transforme en énergie chimique en se quasi dupliquant, voit circuler réduction d'incertitude et d'immobilité dans la matière grise d'animaux plus efficaces, les voit quasi dupliquer plus efficacement des interactions avec l'univers, et déposer à sa surface des codes qui projettent des formes sur la toile de fond de leurs matières grises partiellement connectées (ce que nous appelons « le monde », qui est hors univers), et font apparaître croyance collective, élan collectif, organisation collective... Et prendre le contrôle de l'univers, tant que la quasi duplication est en avance sur la pulvérisation.

Cette phrase est le résumé de tout le reste, et chacun de ses morceaux occupera une page : l'énergie du soleil devenue énergie chimique, la quasi duplication, la réduction d'incertitude et d'immobilité dans la matière grise, l'imitation, l'apparition du monde, et enfin la croyance collective.

C'est là que ça se gâte. Les instincts à l'œuvre – faire du circuit, et le dupliquer – les sources d'énergie qu'ils mobilisent et le catalyseur collectif qui les amplifie n'ont pas plus de sens que la pomme de Newton qui tombe vers le bas par pesanteur.

La pomme ne veut rien, la pesanteur ne veut rien, le vivant non plus : il duplique parce que ce qui duplique reste. Rien là-dedans ne nous dit ce que nous devons faire.

Si nous voulons du sens, il va falloir le créer.

les circuits électriques de la chaîne alimentaire

D'abord, cela m'a fait comprendre que la vie n'est mue par rien d'autre que les électrons, par l'énergie qu'ils libèrent en dévalant du haut niveau où les photons les ont propulsés. Un électron qui tourne, c'est un petit courant. Ce qui fait vivre, c'est donc un petit courant électrique, entretenu par le soleil. Toutes les complexités du métabolisme intermédiaire ne sont qu'une dentelle autour de ce fait fondamental.

Albert Szent-Györgyi

Quelque part au milieu des 550 Gt C de matière vivante, un électron absorbe ou émet un photon. Voilà l'événement élémentaire. Tout le reste en découle.

Le soleil, en éclairant les parties vertes des plantes, déclenche un puits de lumière. Dans chaque feuille, un photon rencontre une molécule de chlorophylle et cède son énergie à un électron. L'électron est propulsé à un niveau d'énergie plus élevé – comme une bille qu'on remonterait en haut d'une pente. Rien n'est encore fait : il faudra que la bille redescende pour que quelque chose se produise.

L'électron excité ne voyage que sur quelques nanomètres, un millionième de millimètre. Au bout de ce trajet minuscule, il s'implique dans des liaisons chimiques. L'énergie du soleil est désormais rangée dans l'assemblage des atomes : sucre, amidon, cellulose, huile. La lumière est devenue de la matière transportable.

À partir de là, cette énergie voyage. Elle est transmise, remaniée ou pas, jusqu'au bout de la chaîne alimentaire : sur quelques mètres, quelques kilomètres, parfois des centaines de kilomètres. Le mot « chaîne » est trompeur. Il vaudrait mieux dire : un circuit.

Car à chaque étape, la liaison est ouverte et libère son énergie. La bille redescend la pente, et en redescendant elle fait tourner quelque chose : une pompe, un moteur moléculaire, une synthèse. Un électron qui tourne, c'est un petit courant. C'est très exactement ce que dit Szent-Györgyi : ce qui fait vivre, c'est un petit courant électrique entretenu par le soleil.

Et ce courant sert principalement à une chose. De la matière est synthétisée en reprenant le plan de montage donné par l'ADN. La matière avance, cellule après cellule, chaque cellule en fabriquant deux.

Une image pour tenir tout cela ensemble : le soleil remonte des billes en haut d'une colline ; les plantes les rangent dans des boîtes ; les boîtes circulent de bouche en bouche ; et chaque fois qu'une bille redescend, un peu de vivant se construit. Rien d'autre. Le reste, comme il le dit, n'est qu'une dentelle autour de ce fait.

la quasi duplication des formes de vie

La vie est un circuit électrique complexe. Elle est exposée à des pressions cosmiques, géologiques et chimiques considérables qui la pulvérisent avant même qu'elle n'apparaisse, ou finissent toujours par la pulvériser – elle s'en charge d'ailleurs elle-même assez fréquemment.

Ce circuit électrique complexe dure en produisant du nombre, par duplication, ou plus exactement quasi-duplication, plus rapidement qu'il n'est pulvérisé. C'est toute son astuce, et c'est la seule.

Soit un château de sable au bord de l'eau. Les vagues l'effacent, toujours. À raison d'un château par heure, il n'en restera rien. À raison de mille par minute, la plage en sera couverte – non pas parce qu'ils résistent, mais parce qu'ils vont plus vite que les vagues. La vie fait exactement cela depuis presque quatre milliards d'années.

En changeant d'angle de vue, cela devient presque évident : parmi les circuits électriques complexes apparaissant éventuellement dans l'univers, seuls ceux qui se dupliquent, et le font plus vite qu'ils ne sont pulvérisés, se développent. Les autres ont peut-être existé, longtemps. Ils ne sont plus là pour qu'on en parle.

La duplication étant en réalité une quasi-duplication, des circuits légèrement différents apparaissent. La plupart de ces différences ne servent à rien, certaines nuisent. Et de temps en temps l'une d'elles l'emporte, quand elle améliore la duplication ou freine la pulvérisation – elle devient alors à son tour l'original que l'on copie.

Tout se passe comme si une puissance, une force, un champ, invisibles – la quasi-duplication – par sa seule création de nombre, alimentée par un courant électrique entretenu par le soleil, expliquait la vie, tout en la gravant d'une obsession, d'un instinct unique : quasi-dupliquer.

Il n'y a pas de raison de lui chercher une origine autre que mathématique. Ce n'est ni une volonté, ni un projet, ni une intention. C'est simplement ce qui reste quand on laisse tourner très longtemps un système qui copie dans un environnement qui détruit.

En réalité, les organismes vivants ne sont rien d'autre que de petites machines utilisant l'énergie présente dans leur environnement pour se dupliquer.

Anja Røyne

les circuits électriques de la matière grise

L'activité du cerveau est le résultat de la circulation d'informations provenant du monde extérieur par l'intermédiaire des organes sensoriels ou provenant des organes internes. Elle se produit au sein d'un immense réseau composé d'environ 100 milliards de cellules, les « neurones ». (...) L'information est électrique dans le neurone (...) et chimique entre les cellules (...). De manière remarquable, l'information électrique est une vague de potentiel dont la forme est indépendante du neurone considéré et de la nature de l'information.

Jean-Pierre Henry

Il y a donc un second circuit électrique.

Le premier, celui de la chaîne alimentaire, fabrique de la matière : il fait avancer le vivant, cellule après cellule. Le second, celui de la matière grise, ne fabrique presque rien. Il fait circuler du courant dans un réseau, et c'est tout. Mais ce presque-rien va tout changer.

Cent milliards de neurones. À l'intérieur de chaque neurone, l'information est électrique : elle court depuis les dendrites, qui reçoivent, jusqu'à l'extrémité de l'axone, qui envoie. Entre deux neurones, au point de contact que l'on appelle la synapse, elle redevient chimique : l'axone libère des molécules – les neurotransmetteurs – que les dendrites d'en face reçoivent.

Le plus remarquable est ceci : le signal électrique est toujours le même. On l'appelle le potentiel d'action. Un neurone impliqué dans la vision et un neurone commandant un muscle sont traversés par exactement la même vague. Le signal ne dit qu'une chose : actif, ou inactif. Comme le 0 et le 1 d'un ordinateur.

Autrement dit, l'information n'est pas dans le signal. Elle est dans le chemin. Ce qui distingue le goût d'une fraise d'un souvenir de vacances, ce n'est pas la nature du courant : c'est quels neurones se sont allumés, ensemble, et dans quel ordre.

Les lettres de l'alphabet sont toutes tracées avec la même encre. Ce n'est pas l'encre qui fait la différence entre deux mots, c'est l'ordre des lettres. Le cerveau fonctionne ainsi : un seul signe, et cent milliards de places.

Ce second circuit est branché sur le premier. C'est la chaîne alimentaire – donc le soleil – qui l'alimente, et il coûte cher : notre cerveau représente environ deux pour cent de notre poids et consomme près d'un cinquième de l'énergie que nous mangeons. Une dépense pareille doit rapporter quelque chose. Elle rapporte deux choses, et deux seulement : moins d'incertitude, et moins d'immobilité. Un animal qui devine mieux où est la nourriture et où est le danger, et qui bouge au bon moment, se fait moins pulvériser et se duplique davantage. Le second circuit est apparu, puis s'est développé, pour cette raison-là. Comme le premier, il n'a pas de but. Il a un effet.

la quasi duplication des interactions avec l'univers

L'homme diffère des autres animaux en ce qu'il est très apte à l'imitation et c'est au moyen de l'imitation qu'il acquiert ses premières connaissances.

Aristote

Il est intéressant de noter que le même concept permet de traiter un tout autre sujet : l'imitation, par une forme de vie, d'une interaction avec le monde. C'est également une quasi-duplication. Jusqu'ici, ce qui se dupliquait, c'étaient des corps : une cellule en fait deux, un couple fait des petits. Mais un être vivant peut dupliquer autre chose que son corps. Il peut dupliquer une manière d'interagir avec l'univers : un geste, un cri, un chemin, une recette, un outil, un mot. Un oiseau apprend le chant de son père. Un enfant apprend à parler en répétant. Quelqu'un, un jour, a vu quelqu'un d'autre casser une noix avec une pierre.

Cette copie-là obéit aux mêmes règles que l'autre, à une différence près. Les corps sont pulvérisés ; les imitations, elles, ne sont pas pulvérisées : elles sont oubliées. Celles qui ne se reproduisent pas plus rapidement que l'oubli se perdent dans les immensités, comme si elles n'avaient jamais existé. Et comme pour les corps, la copie est approximative. On imite presque, on imite mal, on imite en ajoutant. La plupart de ces écarts ne donnent rien. Certains donnent mieux, et ceux-là sont imités à leur tour, plus vite. L'instinct d'imitation est donc lui aussi gravé dans les formes de vie, par l'avantage que l'imitation des interactions gagnantes confère en termes de différentiel entre quasi-duplication et pulvérisation. Chez l'homme, il a pris une place considérable : innovation, apprentissage, culture. Aucune génération ne recommence à zéro. Il est parfois dévastateur. Quand ce qui se copie n'est pas un geste utile mais une hostilité, l'emballement est le même : chacun répète l'accusation du voisin, et le groupe se retrouve uni contre une seule personne. C'est la bouc-émissarisation. Ce qui se duplique le plus vite l'emporte, et la vitesse ne dit rien de la valeur.

Un mot, enfin, sur ce qu'on appelle aujourd'hui l'intelligence artificielle. Ces machines n'ont rien inventé du mécanisme : on leur donne à avaler des quantités immenses d'interactions humaines avec le monde – des textes, des images, des gestes – et elles en produisent des copies approximatives, un peu différentes à chaque fois. C'est exactement une quasi-duplication. Le mot « intelligence » est mal choisi : rien là-dedans ne comprend, ne veut, ni ne cherche. Il faudrait dire quasi-duplication artificielle.

Ce qui change, en revanche, est considérable. Jusqu'ici, imiter coûtait une vie : des années pour apprendre, une génération pour transmettre. La quasi-duplication artificielle affranchit l'imitation de la matière vivante et de sa lenteur. Elle n'est plus portée par le courant de la chaîne alimentaire, mais par un courant électrique que nous produisons nous-mêmes, et qui ne dort pas.

Or nous savons ce que produit une accélération de la copie face à l'oubli. Rien dans le mécanisme ne sélectionne le vrai, ni le juste, ni l'utile : seulement le copiable.

C'est la règle du paragraphe précédent, avec une vitesse que rien de vivant n'avait jamais atteinte. Cela mérite d'être regardé en face, sans effroi et sans naïveté.

l'apparition du monde en marge de l'univers

Depuis longtemps, les chercheurs travaillent à définir ce que peut être le support matériel d'un souvenir, ce qu'on a appelé un « engramme ». La vision actuelle identifie un engramme à un réseau de neurones dont la stabilité définit la durée du souvenir. Le réseau enregistre les différents aspects du souvenir.

Jean-Pierre Henry

Un souvenir n'est pas rangé quelque part, comme une photo dans une boîte. Un souvenir, c'est un réseau de neurones qui a pris une forme et qui la garde. On appelle cela un engramme. Tant que ce réseau reste stable, le souvenir dure. Quand il se défait, le souvenir s'efface.

Un engramme n'est donc pas une image : c'est une déformation de la matière. À force de tourner en rond et de déformer au passage son circuit, le deuxième courant électrique invente la conscience, espèce de sac de nœuds alimenté par un courant. Enregistrant comme elles peuvent ce qui se passe, les consciences s'inventent un monde.

Ce point est le plus difficile du texte, alors prenons le temps. On imagine volontiers que nos yeux photographient les choses et que le cerveau projette la photo sur un petit écran intérieur, devant quelqu'un qui regarde. Ce n'est pas cela. Il n'y a ni écran, ni personne derrière. Seulement des réseaux qui se déforment au contact de ce qui arrive, et conservent la déformation.

Alors, où est le monde ?

L'univers, lui, existe sans nous : des atomes, des étoiles, des champs quantiques. Le monde est autre chose. « Le » monde est un réseau connecté de déformations de matières grises provenant du monde extérieur – univers quantique, autres êtres vivants – par l'intermédiaire des organes sensoriels, ou provenant des organes internes.

Le monde n'est donc pas dans l'univers comme un objet posé sur une table. Il s'écrit à la lisière de l'univers, à la surface de la matière vivante, sur une pellicule de quelques kilos de matière grise par individu. Il est en marge. Comme des notes écrites dans la marge d'un livre : elles ne sont pas le livre, elles n'existeraient pas sans lui, et pourtant elles disent quelque chose que le livre ne dit pas. Ce monde a deux propriétés remarquables.

Il est distribué : il n'est nulle part en entier. Chacun n'en porte qu'un morceau, et chaque morceau diffère, parce que chaque vie diffère.

Et il est parfois partagé. Grâce à l'imitation, grâce aux mots, un engramme peut se quasi-dupliquer d'un cerveau à un autre. Quand quelqu'un dit « la mer », quelque chose se déforme, dans la tête de celui qui écoute, qui ressemble un peu à ce qui s'est déformé dans la sienne. Pas exactement. Un peu. C'est une quasi-duplication – et c'est suffisant.

De cette petite quantité de partage va naître tout ce qui suit.

l'impact du monde sur l'univers

Les forces naturelles subjuguées, les machines, la chimie appliquée à l'industrie et à la culture, la navigation à vapeur, les chemins de fer, les télégraphes électriques, des continents entiers ouverts, les fleuves rendus navigables, des populations entières jaillies du sol, quel âge eût osé pressentir jadis que des forces productives aussi immenses dormaient au sein du travail social ?

Le Manifeste communiste, 1848

Quand un même engramme est présent dans beaucoup de têtes en même temps, il change de nature. Il devient un projet.

Un projet n'a rien de matériel. C'est une forme partagée : un pont qui n'existe pas encore, une récolte qui n'a pas poussé, une équipe qui veut gagner, un pays, une langue, une monnaie, un vaccin. Rien de tout cela n'existe dans l'univers. Tout cela existe dans le monde – c'est-à-dire dans des réseaux de neurones reliés entre eux par des mots.

Et pourtant, cela déplace des montagnes. Littéralement.

Le fait de croire à plusieurs dans un projet partagé donne une force incroyable. C'est l'observation centrale de ce texte. Cent personnes qui tirent la même corde, mais surtout au même instant, ne font pas cent fois le travail d'une seule : elles font quelque chose qu'aucune d'elles ne pouvait faire. La croyance collective synchronise. L'élan collectif accumule. L'organisation collective transmet à la génération suivante ce qu'une génération seule aurait perdu.

En 1848, Marx et Engels décrivaient cet emballement avec stupeur : les continents ouverts, les fleuves rendus navigables, des populations entières jaillies du sol. Ils avaient raison de s'étonner. Aucune force physique nouvelle n'était apparue dans l'univers. Des engrammes s'étaient partagés, voilà tout.

Depuis, l'écart n'a fait que grandir. Les chiffres du début le disent : la masse végétale cultivée par l'homme est de l'ordre de 10 Gt C, et les émissions humaines de l'ordre de 11 Gt C par an. Nous représentons deux pour mille de la matière vivante, et nous déplaçons chaque année l'équivalent de toute notre agriculture. Le monde – cette mince pellicule de déformations partagées, écrite en marge de l'univers – est devenu la force dominante à la surface de la planète.

Il faut être honnête sur ce point. Cette force ne sait pas ce qu'elle fait. Elle amplifie ce qu'on lui donne à amplifier. Les mêmes engrammes partagés bâtissent les cathédrales et les guerres, les hôpitaux et les déforestations, les vaccins et les rumeurs. Le collectif ne rend pas juste. Il rend puissant.

l'apparition de l'unité

Le monde exprime dans l'univers les deux instincts – faire circuler du courant, quasi-dupliquer – au moyen des deux circuits – la chaîne alimentaire, la matière grise – amplifiés par le partage de patterns.

Ça n'a pas plus de sens que la pomme de Newton qui tombe vers le bas, sous l'effet de la pesanteur.

Tout ce texte n'a fait que décrire. Il n'a jamais dit ce qui est bien. La quasi-duplication ne veut rien, la pulvérisation ne veut rien, le courant ne veut rien. Si l'on s'arrête là, il n'y a pas de sens : il y a un mécanisme, très ancien, très efficace et parfaitement aveugle.

Mais quelque chose est apparu en chemin que le mécanisme n'avait pas prévu, et c'est par là qu'un sens peut entrer.

Pour aller plus vite, le mécanisme a inventé le partage. Et le partage, pour fonctionner, a fait apparaître beaucoup plus grand que lui : l'unité. Le moment où plusieurs deviennent un. Des cellules qui restent ensemble et forment un corps. Des animaux qui forment une troupe. Des gens qui forment une équipe, une famille, un village, une humanité. À chaque étage, la même chose se produit : ce qui était séparé se met à fonctionner comme un seul être, capable de ce dont aucune de ses parties n'était capable.

Voilà, je crois, le seul endroit où un sens peut être inventé.

Car l'unité, contrairement à tout le reste, n'est pas obligatoire. La pomme n'a pas le choix de tomber, l'électron n'a pas le choix de redescendre la pente. Mais nous, qui portons un monde partagé, nous avons le choix de l'élargir ou de le refermer. Nous pouvons faire de la force collective un instrument de duplication et de pulvérisation toujours plus rapide – les chiffres montrent que c'est largement ce que nous faisons. Ou l'employer à tenir ensemble.

Élargir le cercle, c'est très concret. C'est y faire entrer celui qu'on ne connaît pas. Ceux qui viendront après nous et qui ne peuvent rien nous demander. Et les 550 gigatonnes de carbone de matière vivante dont nous ne sommes qu'une frange minuscule, et sans lesquelles notre petit courant s'arrête.

Rien dans l'univers n'oblige à cela. Aucune équation ne l'exige. C'est précisément pour cette raison que cela s'appelle un sens : quelque chose qui n'est pas donné, et qu'il faut décider.

Et c'est pour cela que l'unité donne un vrai sens à la vie. Non pas parce qu'elle serait écrite quelque part dans les lois de la nature, mais parce qu'elle est la seule chose que nous y ajoutons.

Un dernier mot, pour qui lira ces pages.

Ce qui est laissé ici n'est pas un objet. C'est un engramme : une petite déformation de matière grise, écrite en marge de l'univers, née d'un courant électrique entretenu par le soleil. Il ne durera que s'il se quasi-duplique – c'est-à-dire s'il passe dans une autre tête, un peu différent, un peu mieux.

S'il passe, il devient un monde. Et un monde partagé, on le sait maintenant, peut déplacer à peu près n'importe quoi.

références

p. 1 – Richard Feynman, *Lumière et matière. Une étrange histoire* (QED: The Strange Theory of Light and Matter, 1985), traduction française, InterÉditions puis Seuil, coll. « Points Sciences ». Feynman a reçu le prix Nobel de physique en 1965 pour l'électrodynamique quantique.

p. 2 – Yinon M. Bar-On, Rob Phillips et Ron Milo, « The biomass distribution on Earth », *Proceedings of the National Academy of Sciences (PNAS)*, vol. 115, n° 25, 2018, p. 6506-6511. Source des 550 Gt C, de la répartition par règne, du graphique reproduit et des variations depuis 50 000 ans.

p. 2 – Global Carbon Project, *Global Carbon Budget*, mise à jour annuelle (globalcarbonproject.org). Source de l'ordre de grandeur des émissions humaines, environ 11 Gt C par an.

p. 3 – Albert Szent-Györgyi, *Introduction to a Submolecular Biology*, New York, Academic Press, 1960, p. 21-22 (traduction française pour le passage cité). L'auteur y tire trois conclusions d'un schéma de la photosynthèse ; la citation reprend la première d'entre elles. Prix Nobel de physiologie ou médecine 1937.

p. 4 – Anja Røyne, *Les Atomes de nos vies. Fer, potassium, cuivre... les surprenants pouvoirs des éléments du tableau périodique*, traduit du norvégien par Hélène Hervieu, Dunod, 2022.

p. 5 et p. 7 – Jean-Pierre Henry, « Le cerveau, une machine vivante », *Futuribles*, n° 431, juillet-août 2019, p. 5-23. La citation sur le réseau des cent milliards de neurones est extraite de l'encadré « Les mécanismes de la plasticité », p. 7 ; celle sur l'engramme, p. 15. L'auteur est directeur de recherche émérite au CNRS et ancien directeur de l'Institut de biologie physico-chimique.

p. 6 – Aristote, *Poétique*, chapitre 4 (1448b). Nombreuses éditions françaises, dont celle de Michel Magnien, *Le Livre de Poche*.

p. 8 – Karl Marx et Friedrich Engels, *Manifeste du parti communiste*, 1848, chapitre I (« Bourgeois et prolétaires »). Domaine public.

note

Ce texte a d'abord été cherché sans intelligence artificielle. Neuf pages avaient été commencées : des citations rassemblées, quelques paragraphes écrits, et pour le reste des intentions notées en marge, faute de pouvoir mener le raisonnement jusqu'au bout.

Il a été achevé avec Claude, un modèle d'Anthropic, à partir de ces pages. Les citations, la structure, les données et la thèse sont d'origine. Les développements manquants ont été rédigés en dialogue, page après page, puis relus et corrigés.

Xavier Lacan

9/9/26