YDUNÉA

Tome 4

ici et là
(l'ordre des choses)

de rerum natura

~

Illustration 1ère de couverture: Bing.com / create, prompt : mathematical order of things, fractals, golden ratio, spirals, scientific style.

auto-dérision

Illustration : la gare de Perpignan dans le sud de la France, centre du monde selon Salvador Dali. Il est permis de se moquer du monde si l'on sait se moquer de soi-même (autodérision)

L'objectif déclaré d'Ydunéa est d'aider chacun à construire sa propre représentation du monde. Qui sommes nous, d'où venons-nous, où allons-nous ? Si l'état de nos connaissances n'est pas suffisant pour bâtir une vision qui soit aujourd'hui indiscutable, nous pouvons cependant compléter notre savoir vrai en faisant appel à notre intuition. Cette dernière ne doit en effet pas être négligée. Nous pensons comme nous sommes faits, notre conscience refléte la manière dont la Nature est construite. L'intuition d'un partage des esprits, d'une communion des âmes, partielle dans notre monde, complète dans le milieu primordial (celui qui précéde la genèse et vient après la fin des temps), est partagée par la plupart des formes de spiritualité que l'homme a jusqu'à présent imaginé. Les physiciens reprennent d'ailleurs cette intuition dans certains modèles de bains quantiques premiers au sein desquels notre univers aurait émergé. Nombre de personnes voient aussi dans le fort développement des moyens de communication le signe que nous nous dirigeons vers des sociétés où le partage des informations et même des sentiments pourrait devenir illimité.

L'auteur est bien conscient que vouloir effectuer ce travail seul peut paraitre bien présomptueux mais Ydunéa a été écrit pour montrer la voie, tenter de motiver la jeunesse, dans un monde occidental qui, pour elle, s'apparente de plus en plus à un désert spirituel.

Sans être bien évidemment un cours de physique, de biologie, de neurosciences, **ici et là, l'ordre des choses**, dans la foulée de la fiction utopique **Joy et les planètes bleues, la cité idéale**, rassemble quelques items en rapport avec les thèmes de l'univers, de la vie et de la conscience. Il s'agit plus précisément de courtes contributions pouvant contenir de brefs rappels scientifiques comme de simples conjectures. L'excès s'accordant bien avec la création, on n'a pas hésité à faire des hypothèses audacieuses (ne reflétant pas forcément la pensée de l'auteur !).

item science, item conjectures, vision du monde

~

Mathématiques pour tous

L'homme et les nombres
Chaos
Dimension fractale
Jeu de la vie

~

L'homme et les nombres

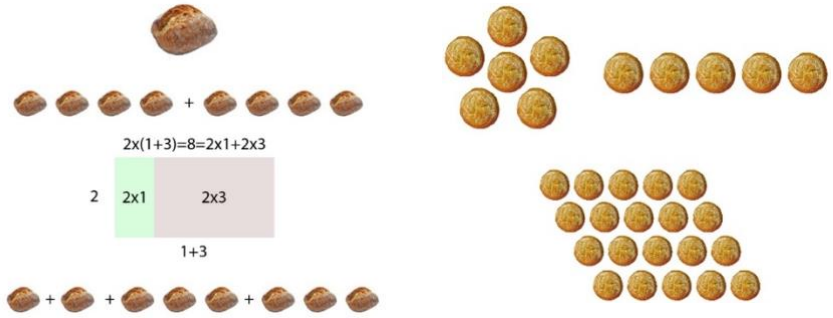
Nombres entiers_ apparition de l'arithmétique, dénombrement, premières opérations : au Paléolithique, on n'avait guère besoin de dénombrer. En revanche, au temps du néolithique, lorsque l'homme s'est sédentarisé, il est devenu intéressant pour l'éleveur de compter le bétail, ou encore pour le boulanger de compter les pains qu'il faisait cuire. Plutôt que de faire sept croix identiques pour indiquer qu'il y a 7 pains, il est plus facile d'inventer un nouveau symbole, par exemple le chiffre 7 que nous utilisons aujourd'hui. Par la suite et pour prendre en considération des biens identiques et de plus en lus nombreux (pains, briques de terre, animaux dans un troupeau, jarres de bière, …) , divers systèmes de numération ont alors fait leur apparition pour permettre de compter des nombres de plus en plus grands, en particulier le système à base 10 où l'on distingue unités, dizaines, centaines, milliers, …

Les premières opérations apparues, addition **+** et multiplication **x** concernaient des nombres entiers (nombre entier de boules de pain, de chèvres, d'enfants dans le hameau). La soustraction **–** ou la division **÷** sont en quelque sorte un moyen de revenir en arrière quand on utilise les opérateurs **+** et **x** (le boulanger a réuni ensemble trois tas de quatre pains ce qui en fait 12. En divisant par 3 ce nombre, il retrouve les 3 tas de 4 pains). Ces quatre opérations ont des propriétés qui nous paraissent évidentes et que les professeurs de mathématique nous enseignent vers l'âge de 12 ans (tout au moins en Flèche) :

Commutativité des opérateurs **+** et **x** : 2+3=3+2=5, 2x3=3x2=6, associativité 1 + (2 + 3)= (1+2)+3 et 1x(2x3)=(1x2)x3, distributivité de la multiplication par rapport à l'addition 2x(3+5)= 2x3+2x5= 16, non-distributivité de l'addition par rapport à la multiplication 2+(3x5)= n'est pas égal à (2+3)x(2+5), … Quant à l'invention du zéro, elle est est naturelle dès lors que l'on a introduit la soustraction.

Pour l'instant, il n'est question que de dénombrement. Peu importe au boulanger que douze pains soient disposés côte à côte ou alors qu'ils

soient entassés les uns sur les autres si bien que les mathématiciens ne s'intéressent pas encore à cette distinction. Une autre remarque peut être faite même si elle nous semble à priori absurde : dans une fournée de 16 pains, chaque pain cuit de la même manière (on suppose le four homogène) quel que soit l'endroit où il est placé sur la sole (plan orthogonal x y). La transformation associée au processus de cuisson ne dépend pas de la position. Les mêmes conditions physicochimiques appliquées dans le même temps conduisent aux mêmes résultats.



Illustrations : distributivité de l'opération **x** par rapport à l'opération **+ /** si notre boulanger était un tant soi peu artiste, il pourrait ranger ses pains en pentagone faisant penser à une fleur, ou encore en un pavage hexagonal, arrangement qui pourrait être repris pour un sol en briques. Mais pour ce métier naissant, seul compte le dénombrement des pains.

Nombres rationnels (fractions): les nombres rationnels sont obtenus en divisant un nombre netier par un autre (à l'exception de zéro); a/b is a fraction. L'ensemble Q des nombres rationnels comprend les entiers +, -, 0 et les fractions précédentes. Un nombre est rationnel si et seulement si les décimales se reproduisent de manière périodique à partir d'un certain chiffre (valable dans une base autre que décimale) :

A rational number has a periodic expansion. The converse is also true; a periodic expansion always represents a rational number.

½=0,50000… 0 se reproduit indéfiniment après le 5
1/3=0,333333… 3 se reproduit indéfiniment
1/6=0.166666666666… 6 se reproduit mais après le 1

Explication : 1/7=0.142857142857… effectuons la division comme à l'école :

10/7 =7/7+3/7 =1+3/7
30/7=28/7+2/7=4+2/7
20/7=14/7+6/7=2+6/7
60/7=56/7+4/7=8+4/7
40/7=35/7+5/7=5+5/7
50/7=49/7+1/7=7+1/7
10/7=… on recommence

Les restes 1,2,3,4,5,6 apparaissent chacun une fois et ensuite on recommence en obtenant la même succession 142857.

27/13= 2.076923076923… 076923 se reproduit

à remarquer aussi qu'en 'partageant en deux' 076923
on a 076+923=999

Question : quelle fraction correspond à 0,37373737… ?

Solution: 0,37373737… = 0,37.[1+(1/100)^1+(1/100)^2+(1/100)^3+…]
1+a+a2+a3+a4+…= (premier terme, 1)/ (1-a)
ici a=1/100 donc 0,37373737… =0,37/[1-1/100]=37/99

Quelle peut être la signification de cette propriété ?

La répétition selon certaines règles de séries données d'objets peut être représentée par un nombre qui est en quelque sorte une synthèse. L'esprit humain manipule, traite les objets depuis les tous débuts de l'évolution et dans le seul objectif de protéger l'espèce. Cette association d'un nombre pourrait donc être considérée comme une manière synthétique de se représenter mentalement un rangement particulier de certains objets. Si 3 est affecté à une boule de pain et 7 à une baguette la suite 373737 peut correspondre à une mise côte à côte d'une boule de pain puis d'une baguette une boule de pain une baguette et ainsi de suite Pour le boulanger pour aller vite dans sa tête 37/99 correspondrait à cet arrangement associé à la visualisation de la suite alternée

boule/baguette/boule/baguette… ←→ 37/99.

30/99=0,303303303…

7/99=0,0707707707…

0,707 proche de racine(2)

A quoi corrrespondrait alors les opérations sur les nombres rationnels dans la pratique quotidienne, quel intérêt pour l'homme ?

99/37=2,675675675…

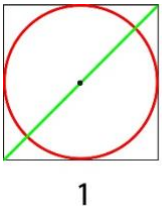
707/303=2,22772277

Nombres irrationnels : ce sont tous les nombres non rationnels, autrement dit tous les nombres qui ne peuvent pas s'écrire comme la fraction de deux entiers. Ils ont une quantité illimitée de chiffres après la virgule (décimales) et non répétitive (les nombres rationnels ont une quantité illimitée de décimales, mais répétitive).

Nombres algébriques : les nombres qui sont les racines de polynômes à coefficients entiers sont qualifiés d'algébriques. Un nombre constitué d'une succession de décimales au hasard a très peu de chances d'être algébrique. On le qualifie alors de transcendant (décimales infinies et imprévisibles).

$\sqrt{2}$=**1,4142135623 7309504880 1688724209 6980785696 …**

$\sqrt{2}$ est irrationnel, pas transcendant mais algébrique (une des solutions de l'équation algébrique $x^2-2=0$).

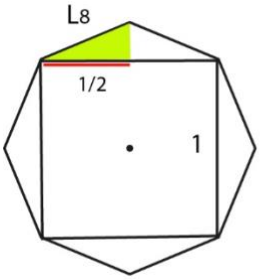


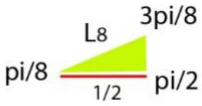
E et π sont transcendants.

π = **3, 14159 26535 89793 23846 26433 83279 50288 …**

π et $\sqrt{2}$ sont reliés par la formule de Viète : la somme des angles intérieurs d'un polygone de n côtés est égale à (n-2). π, soit donc π pour n=3 triangle, 2. π pour n=4 carré, 6. π pour n=8 octogone, l'angle intérieur de l'octogone est donc égal à 6. π /8. Le périmètre P8 de

l'octogone est relié à celui P4 du carré comme indiqué sur la figure. On peut poursuivre la démarche en construisant un polygone à 16 côtés. On aura cette fois P16=P8/cos(A) avec A= π /16 et ainsi de suite. Plus le nombre de côtés du polygone sera grand et plus on se rapprochera du tracé d'un cercle. Le périmètre du polygone se rapproche du périmètre du cercle quand n devient très grand.





L8.cos(pi/8)=1/2
P8= 8.L8= 4/cos(pi/8)=P4/cos(A)
A=pi/8
cos(pi/8)=root((1+cos(pi/4)/2))
cos(pi/4)=root(2)/2

$$\pi/2=(2/\sqrt{2}).[2/\sqrt{(2+\sqrt{2})}].[2/\sqrt{(2+\sqrt{(2+\sqrt{2})})}]. \ldots$$

nombre d'or : si les nombres sont partout dans la nature, c'est par ce qu'ils régissent l'agencement du monde, ses transformations et qu'en conséquence l'évolution les a inscrits dans la conscience de toutes les formes de vie. L'un d'entre eux revient souvent, il s'agit du nombre d'or **φ= (1+√5) /2 = 1.618033…**

L'équation du second degré **x^2-x-1 = 0**= x^2-(x1+x2).x -$x_1.x_2$ admet les deux solutions $\mathbf{x_1=\varphi}$ et $\mathbf{x_2=-1/\varphi}$ où **φ= (1+√5) /2** est le nombre d'or. On a aussi la relation **φ=1+1/φ.** Quant à √5, c'est la longueur du plus grand des côtés d'un triangle rectangle dont les autres valent 1 et 2 (théorème de Pythagore 1^2+2^2= (√5) ^2.

Le triangle rectangle 1, 2, √5 étant l'un des plus simples est connu depuis bien longtemps, égypte antique, Mésopotamie ; on en a déjà parlé dans la fiction à propos du choix des dimensions des pyramides. Comme le fil à plomb, le triangle rectangle a été utilisé dans l'antiquité par les architectes pour contrôler la verticalité des murs.

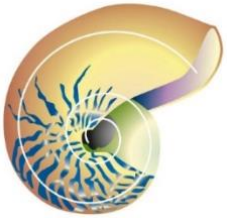
La suite de nombres entiers X(n+1) = X(n)+X(n-1), avec X (1) = X (0) =1, dite suite de Fibonacci, engendre les valeurs successives :

2, 3, 5, 8, 13, 21, 34, 55, 89, 144, 233, 377, 610, 987, 1597, 2584, 4181…

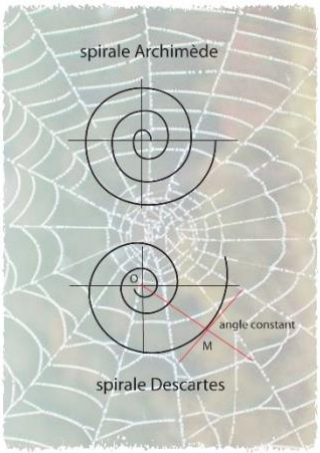
Tous les 3 nombres, on retrouve un multiple de **2** : 2, 8, 34, 144… Tous les quatre nombres on a un multiple de **3** : 3, 21, 144, 987… Tous les cinq nombres un multiple de **5**, tous les six nombres un multiple de **8**… Le rapport entre deux nombres successifs 1/1, 2/1, 3/2, 5/3, 8/5, 13/8, 21/13… se rapproche du nombre d'or φ. On dit que la suite X(n+1)/X(n) converge vers la limite φ. Bien d'autres formules ont été proposées pour calculer le nombre de rang n dans la suite, en particulier celle-ci : $X(n)= [(1+\sqrt{5})^n - (1-\sqrt{5})^n]/(2^n.\sqrt{5})$

Le rectangle d'or est souvent retenu comme critère esthétique. Il a souvent été choisi par des artistes. Le ressenti est en fait lié aux caractéristiques physiologiques de la vision humaine ; ce n'est pas une référence magique ! Les écrans de la plupart des ordinateurs sont de type 4/3 ou 16/9 différents de φ mais l'on trouve aussi du 16/10 plus proche.

Sur la figure ci-dessus les rectangles successifs ABCD, AEFD, AEHG, JEHI, … ont en commun le fait que le rapport du plus grand côté au plus petit côté est égal à φ. La spirale représentée est dite spirale d'or. Une spirale dite d'Archimède est définie par l'équation polaire : OM(θ)=a.θ, a étant la distance toujours égale entre les spires (pour savoir si la spirale décrite par une toile d'araignée est ou non une spirale d'Archimède, il suffit de mesurer la distance entre les spires pour plusieurs angles de la spirale). Une spirale logarithmique a quant à elle pour équation polaire : $OM=a.b^{\theta}$ où a et b sont des réels strictement positifs. La distance entre les spires croit en fonction de l'angle et OM fait un angle constant avec

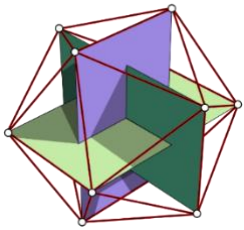


la tangente en M. On rencontre couramment cette courbe dans la nature (coquillages, coquilles d'escargots, pomme de pin, chou-fleur… On peut rappeler aussi que les araignées sont les descendants des arthropodes qui rampaient sur les fonds marins. Elles ont un sens inné de la géométrie. On a rappelé L'exemple de cyclosa dans la fiction. La soie secrétée pour fabriquer la toile a des propriétés remarquables, la chitine $(C_8H_{13}NO_5)_n$ également. Même si cette espèce est considérée comme dangereuse pour l'homme, elle a beaucoup à nous apprendre comme toutes les autres formes de vie.



Les écailles des pommes de pin poussent quant à elles suivant une spirale logarithmique. L'écart angulaire de deux écailles successives par rapport au centre est voisin de $2.\pi/\varphi^2$. On observe alors des spirales secondaires I le nombre appartient à la suite de Fibonacci (couramment 8 ou 13). Encore à propos de la flore, et cette fois des pétales, le souci en a 13, le delphinium 8, la pensée 5, la chicorée et parfois la marguerite 21, les tournesols peuvent en avoir 55 ou encore 89, tous nombres de la suite.

Les pétales de rose s'agencent en spirale autour du centre, l'angle entre deux pétales successifs étant voisin de 137°=360°/(φ+1). La mosaïque grecque d'Apollon à Corinthe présente 34 départs de spirale depuis le cercle central. La molecule d'ADN est longue de 34 angströms et large de 21, dans le rapport 1,619.



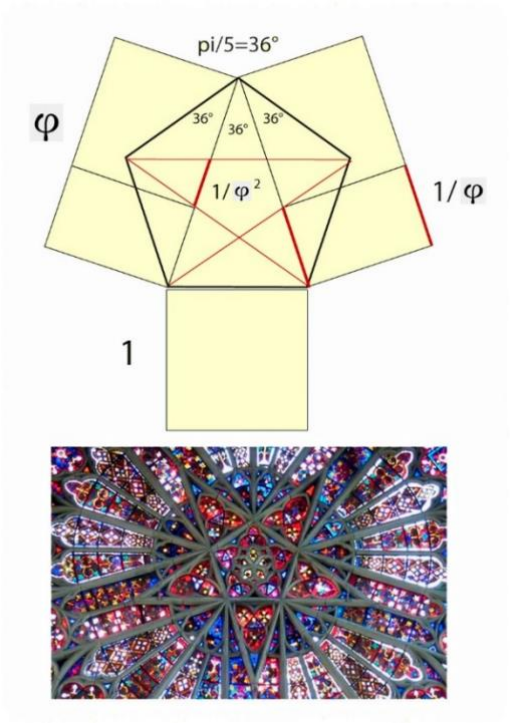


Illustration : image de gauche, wikimedia.org, icosahedron, Fropuff Mysid.

Pentagone et nombre d'or : la valeur de l'angle au sommet d'un pentagone est 3.π/5 (on trouve facilement ce résultat en considérant ce pentagone comme la réunion ou somme de trois triangles. Pour chacun d'entre eux la somme des angles aux sommets est 180°. L'angle au sommet pour le pentagone est donc 3.180°/5 id 3.π/5=108°=3.36°). Par ailleurs, pour un triangle de côtés a, b et c opposés aux angles aux sommets A, B, C, on a la relation a/sin(A)=b/sin(B)=c/sin(C). En l'appliquant au triangle isocèle de côtés respectifs 1, 1, φ et d'angles opposés 36°=π/5, 36°=π/5 et 108°=3.π/5, on obtient la relation sin

(3.π/5) / φ = sin (π/5) /1 de laquelle on peut déduire les relations suivantes entre φ et π : **1/φ = 2.cos (2.π/5) =2.sin(pi/10)** ou encore **φ= 2. Cos (π/5)**

Le nombre d'or est ainsi relié exactement au dixième de la constante π. Dans la fiction on a évoqué la relation empirique entre √φ et π : (√φ = 1.272 voisin de 4/π=1.273). Elle avait conduit les prêtres et architectes de l'antiquité égyptienne à retenir le nombre d'or pour la construction de la grande pyramide de Cheops. Rappelons aussi que l'on peut construire un icosaèdre avec 3 rectangles d'or imbriqués.

~

Des nombres aux polynomes **:** en mathématiques, une inconnue est une chose que l'on cherche à connaître sachant qu'elle doit satisfaire certaines contraintes formalisées en équations utilisant les opérateurs précédemment définis **+ - x ÷**

Dans la suite, on écrira a **x** b sous la forme plus simple a**.**b ou même plus simplement ab (x sera réutilisé en tant qu'inconnue dans une équation).

Si je veux avoir dix pains et que pour le moment je n'en ai fait fabriquer que six combien faut-il encore en cuire ? Réponse : un nombre x, l'inconnue. L'équation 6**+**x=10 a pour solution est x=10**-**6=4. Je dois cuire encore 4 pains.

La notation abrégée $\mathbf{x^n}$ ou puissance n de x représente le produit de x n fois par lui-même). On parle aussi de degré n.

$a.x^{2}+b.x^{1}+c$ est ce que l'on appelle un polynome de degré 2, $a.x^{3}+b.x^{2}+c.x^{1}$ + d un polynome de degré 3, $a.x^{n}+b.xn-1+c.x^{n-2}$ + … un polynome de degré n. Dans ces expressions, a, b, c, … sont des coefficients ou nombres réels (on verra plus loin des exemples de généralisation à ce que l'on appelle les nombres complexes).

Dans notre tout premier exemple, 6+x=10 id x-4=0 est du type

$a.x^1+b=0$ avec a=1 et b=-4. C'est une équation polynomiale de degré 1.

On peut imaginer de chercher la ou les valeurs de x qui pourraient satisfaire des équations polynomiales de degré supérieur à 1. Bien qu'elles soient associées à des contraintes de plus en plus compliquées concernant x et donc à des formalismes de plus en plus complexes, on sait résoudre les équations en particulier aux degrés 2, 3 ou 4. C'est cependant lourd et tous les lycéens n'ont pas l'attention et la patience suffisante pour réussir cet exercice. Le calcul numérique peut alors venir à leur secours.

L'équation $a\mathbf{x}^2+b\mathbf{x}+c=0$ a pour solutions $\mathbf{x}= [-b \pm \sqrt{\Delta}]/2a$
avec $\Delta = (b^2- 4ac)/2a$

La cubique $a.\mathbf{x}^3+\mathbf{b}.x^2+c.\mathbf{x}^1+d=0$ a pour solutions (voir par exemple wikipedia.org/wiki/équation_cubique) :

où $\mathbf{x}=(-1/3a).(b+\Delta''+\Delta/\Delta'')$ avec
$\Delta = b^2-3.a.c$, $\Delta' = 2.b^3-9.a.b.c+27.a^2.d$
et $\Delta'' = \{(\Delta' \pm [\Delta'^2-4.\Delta^3]^{1/2})/2\}^{1/3}$
(en général, deux des solutions x ou racines sont complexes)

L'équation d'ordre 4 $a\mathbf{x}^4 + b\mathbf{x}^3 + c\mathbf{x}^2 + d\mathbf{x}^1 + e = 0$ peut être résolue en divisant par a et en posant $x = X – b/4a$. Le terme en $\mathbf{x}^3$ disparaît alors et on est amené à résoudre une équation polynomiale du type $X^4 + AX^2 + BX + C = 0$ avec $A = -3b^2/8a^2 + c/a$, $B = (b/2)^3/a^3 – (1/2)bc/a^2 + d/a$, $C = -3(b/4a)^4 + c(b/4)^2/a^3 – (1/4)bd/a^2 + e/a$.

On peut alors factoriser (Descartes 1637) :

$$X^4 + AX^2 + BX + C=(X^2+b_1.X+b_0).(X^2+c_1.X+c_0)$$

l'identification nous amène ensuite à résoudre l'équation

$$S.(S+A)^2-4.C.S=B^2 \text{ avec } S=b_1^2$$

id $S^3+2.A.S^2+(A^2-4.C).S-B^2=0$
(la résolution de cette cubique a été rappelée ci-dessus)

Une fois obtenu S, on en déduit b_1

$b_0=(A+b_1^2-B/b_1)/2$, $c_1=-b_1$ et $c_0=(A+b_1^2+B/b_1)/2)$
pour que l'identification soit satisfaite.

La résolution des équations
$X^2+b_1.X+ b_0=0$
et $X^2+c_1.X+ c_0=0$
donne X puis les solutions x de l'équation polynomiale d'ordre 4

Certes, tout cela est bien indigeste ! Mais c'est faisable, mais une difficulté s'invite : pour certaines valeurs des coefficients a, b, c, … on est amené à prendre la racine de valeurs négatives. Auparavant considérer la racine de - 4 n'avait aucun sens. Prendre une racine carrée revenait à revenir en arrière par rapport au carré d'un nombre positif ($2^2=4$, $\sqrt{4}=+2$) à l'image de la soustraction qui permettait de faire le contraire de l'addition.

Un peu d'histoire : la recherche de solution des équations polynomiales $ax^n+b.x^{n-1}+c.x^{n-2}+ \ldots =0$ est très ancienne. Même si d'un point de vue général, les témoignages écrits anciens révèlent aujourd'hui un intérêt moindre pour l'abstraction mathématique en Asie qu'en Occident, on trouve des exemples de résolution d'équations de degré 3 dans 'les neuf chapitres sur l'art mathématique' rédigé en Chine aux alentours de 200 BC Before Christ. (… dynastie Qin / 206 BC à 220 AD dynastie Han / période des trois royaumes / …), en Grèce dans les 'arithmétiques' de Diophante vers la même époque. Cependant, bien avant les premiers textes chinois ou occidentaux, les mathématiciens s'étaient intéressés au sujet. Des tables de racine cubiques ont par exemple été retrouvées à Babylone. Dans l'état actuel des connaissances, on peut penser que les premières avancées sérieuses ont été faites dans le Croissant Fertile.

Nombres complexes: les nombres complexes sont une extension des nombres réels auxquels on a 'imaginé' ajouter le nombre imaginaire i tel que $i^2=-1$. On a aussi $(-i)^2=-1$. Introduits à l'origine pour trouver des solutions des équations polynomiales, ils ont trouvé des applications dans

de nombreux domaines de la physique, aussi bien en automatismes (étude des conditions de stabilité) qu'en mécanique quantique.

L'introduction des nombres complexes est une autre illustration de la construction des mathématiques. On commence à manipuler ou transformer ou associer des objets en introduisant_inventant pour cela des opérateurs à même d'effectuer des transformations ou changements ou associations qui nous paraissent raisonnables, par exemple, ajouter, multiplier, faire tourner ou déplacer dans l'espace. Mais si l'on met trop de contraintes en combinant un certain nombre de ces opérations, on arrive à des impossibilités, tout au moins cell de trouver des solutions qui appartiennent à l'ensemble des objets définis au départ. Ains vouloir trouver une solution de x+10=7 (ce qui est une condition ou contrainte) est impossible si l'on travaille avec des objets x qui sont des nombres entiers positifs. Mais si on imagine des nombres entiers négatifs alors cela devient possible. Idem en ce qui concerne la possibilité de trouver une solution de la condition $x^2=3$ avec x entier. Ce n'est possible que pour x^2= 1 ou 4 ou 9 ou 16 ou un autre terme de la suite des carrés des nombres entiers. L'équation (ou contrainte). Il n'y a pas de solution appartenant à l'ensemble des nombres entiers qui satisfasse la contrainte ou condition $x^2=-9$? Qu'à cela ne tienne, on va imaginer un nouvel ensemble de nombres z qui puisse la satisfaire, baptisé nombres complexes. Plutôt que d'écrire une cubique sous la forme $a.\mathbf{x}^3+\mathbf{b}.x^2+c.\mathbf{x}^1+d=0$, on préfèrera $a.\mathbf{z}^3+\mathbf{b}.z^2+c.\mathbf{z}^1+d=0$ puisque les solutions sont en général complexes.

Tout nombre complexe peut s'écrire sous la forme z= x+iy, où x est la partie réelle (nombre réel) et y la partie imaginaire (nombre réel). On définit le conjugué z*= x-iy ainsi que le module $|z|= \sqrt{(x^2+y^2)}$. Par analogie avec les nombres réels, on définit :

L'addition $z_1+z_2=(x_1+iy_1)+(x_2+i.y_2)=(x_1+x_2)+ i(y_1+y_2)$

La soustraction : $z_1-z_2=(x_1+iy_1)-(x_2+i.y_2)=(x_1-x_2)+ i(y_1-y_2)$

La multiplication $z_1.z_2==(x_1+iy_1).(x_2+i.y_2)=(x_1.x_2+i^2. Y_1.y_2) +i(x_1.y_2+x_2.y_1)=(x_1.x_2- y_1.y_2) +i(x_1.y_2+x_2.y_1)$

La division $z_1/z_2=(x_1+iy_1)/(x_2+i.y_2)= [(x_1+iy_1).)/(x_2-i.y_2)]/[(x_2+i.y_2).)/(x_2-i.y_2)=[(x_1.x_2+ y_1.y_2)+i(-x_1.y_2+x_2.y_1)]/(x_2^2+y_2^2)$

Les nombres complexes possèdent des propriétés vérifiées par les nombres réels, par exemple pour la multiplication l'associativité : $z_1.(z_2.z_3)=(z_1.z_2).z_3$, $5.(4.2)=(5.4).2=40$, la commutativité $z_1.z_2= z_2.z_1$, $5.4=4.5=20$, la distributivité par rapport à l'addition $z_1.(z_2+z_3)=z_1.z_2+z_1.z_3$, $5.(4+7)=5.4+5.7=55$. Pour rappel, certaines opérations entre réels ne sont pas commutatives, par exemple 5/6 n'est pas égal à 6/5. Il en est de même pour les nombres complexes.

Inégalités triangulaires : $|z_1+z_2|<=|z_1|+|z_2|$, $|z_1-z_2|>=|z_1|-|z_2|$

propriétés des modules : $|z_1.z_2|=|z_1|.|z_2|$, $|z_1/z_2|=|z_1|/|z_2|$

$|z_1-z_2|$ est la distance dans le plan complexe entre les deux points M_1 et M_2 images de z_1 et z_2. En effet, $|z_1-z_2|=\sqrt{[(x_1-x_2)^2+(y_1-y_2)^2]}$, formulation habituelle de la distance M_1M_2 dans un repère orthogonal xOy.

Notation exponentielle : $z_1=r_1.(\cos \varphi_1 + i.\sin \varphi_1)=r_1. E^{i \varphi 1}$,

$z_2=r_2.(\cos \varphi_2 + i.\sin \varphi_2)=r_2. E^{i \varphi 2}$

$|z_1|=r_1$, $|z_2|=r_2$, $\arg(z_1)= \varphi_1$, $\arg(z_2)= \varphi_2$,

$z_1.z_2= r_1. R_2. E^{i(\varphi 1+ \varphi 2)}$ et $\arg(z_1.z_2)= \arg(z_1)+ \arg(z_2)$

en particulier $(r. e^{i \varphi})^n=r^n.e^{in \varphi}$

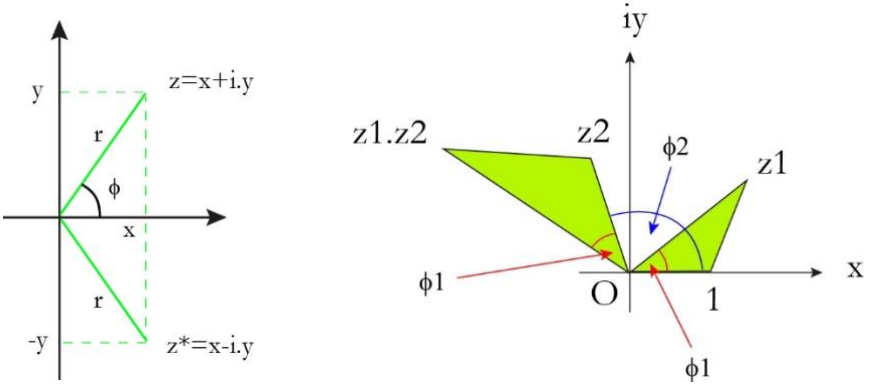


Illustration : plan complexe / la notation exponentielle facilite la multiplication $z_1.z_2$ / sur la figure, les 2 triangles représentés sont semblables. Cela signifie qu'il est facile de faire tourner et d'agrandir un objet plan en

conservant ses proportions. La notation exponentielle est très utilisée dans la modélisation des phénomènes physiques

les n racines nèmes d'un nombre complexe z sont $r^{1/n}.e^{[i.(\varphi/n+2k\pi/n)]}$
(sommets d'un polygone régulier d'ordre n)

$e^{i\pi}+1=0$ puisque $e^{i\pi}=\cos(\pi)+i.\sin(\pi)=-1$

cette relation relie la constante π de la géométrie (périmètre cercle 2 π R), l'exponentielle e et i introduit par $i^2=-1$ pour trouver les racines non réelles d'une équation polynomiale.

Nombres hypercomplexes : on a donc cherché à généraliser la méthode à l'espace 3D en introduisant un deuxième symbole imaginaire j en plus de i. Cependant, si l'on définit $z_1= a_1+i.x_1+j.c_1$ et $z_2=a_2+i.b_2+j.c_2$ on remarque que $|z1.z2|$n'est plus égal à $|z_1|.|z_2|$et on perd les avantages dont nous venons de parler quant à la manipulation d'objets en rotation ou similitude. Pour contourner cette difficulté, on en est venu à définir des nombres q= a + ib + jc + kd avec a, b, c et d réels, qualifiés de quaternions (norme ou module $r = a^2 + b^2 + c^2 + d^2$ / conjugué $q^* = a – bi – cj – dk$ / $q.q^* = a^2 + b^2 + c^2 + d^2 = r$ / la norme du produit de 2 quaternions est égale au produit de leurs normes / l'associativité et la distributivité sont conservées mais pas la commutativité : ij = k = -ji , ki = j = -ik, $i^2=j^2=k^2=i.j.k=-1$ / les quaternions sont utilisés en particulier en physique quantique).

Vecteurs : un vecteur est une flèche qui pointe un point dans l'espace où l'homme se déplace. Origine du concept les mathématiques traitent des objets, de la manière de les dénombrer mais aussi de leurs attributs La géométrie traite de longueurs, d'angles, de formes, surfaces, volumes. Cercles, boules, carrés, parallélépipèdes, formes cristallines ont sûrement inspiré les premiers apprentis mathématiciens. Par ailleurs l'algèbre née de l'arithmétique élémentaire traite des nombres, avec des opérations telels que l'addition ou la multiplication. Les vecteurs sont une convergence de l'algèbre et de la géométrie. Le lien entre les deux est en fait très ancien, attesté parle théorème attribué à Pythagore, $x^2+y^2=z^2$ reliant les longueurs des côtés d'un triangle rectangle (hypothénuse z) et qui était en fait déjà connu dans l'Égypte antique et en Mésopotamie.

Pourtant, au troisème siècle avant J-C, si on trouve dans les éléments d'Euclide la définition d'une droite ou d'un plan à partir de deux droites, des propriétés angulaires, des mesures de surface et volumes, des théorèmes (Thalès), en revanche l'algèbre est encore peu développée, réduite à l'arithmétique de nombres positifs, entiers ou s'écrivant sous forme de fractions d'entiers (+ quelques nombrs irrationnels pour être plus précis).

Dans les derniers siècles, l'Occident a pris une avance considérable sur le reste du monde en développant de manière poussée l'expérimentation. Les besoins de la modélisation ont alors stimulé fortement le développement des mathématiques. Pourtant d'autres civilisations, Inde ou Chine en Asie avaient commencé à rapprocher algèbre et géométrie. Les neuf chapitres de l'art mathématique (1er siècle avant J-C, Chine) annoncent par certains développements les vecteurs (systèmes d'équations linéaires). Il semble aujourd'hui de plus en plus évident que des informations scientifiques ont circulé depuis des temps très anciens entre les deux grands pôles de civilisation humaine, Moyen-orient_Occident-Russie et Asie, très probablement à l'occasion d'échanges commerciaux. Les peuples nomades, ceux du Caucase, ont joué un rôle très important dans le développement de ces deux civilisations. La question de savoir qui a commencé, la revendication de la priorité sont inintéressants. On a rappelé ailleurs dans Ydunéa la convergence évolutive. Avec un bagage génétique assez similaire, tous les hommes sur la planète sont potentiellement capables de développer science et technologies même si certains groupes humains ont pris un avantage momentané, sélection et épigénétique à l'appui. Dans le cas présent, lier nombres et formes était naturel, particulièrement en architecture.

Le développement rapide de l'intelligence artificielle (de plus en plus accessible depuis les années 2020) ainsi que le partage universel des informations (revues scientifiques, wikipedia, internet) redonne à chacun la chance de faire ses preuves.

Champs : au néolithique, l'arithmétique pour compter puis l'algèbre en prolongement, la géométrie pour l'urbanisme, l'architecture. Plus tard l'homme a voulu mesurer des grandeurs locales, par exemple la température d'un lieu. Cela ne lui suffisait plus de dire qu'il faisait plutôt chaud ou plutôt froid. Il a alors décidé d'attribuer un nombre à la grandeur nommée température et ainsi pu comparer la manière dont elle change d'un lieu à un autre. Des échelles ont été choisies avec un minimum et un maximum correspondant à des situations physiques

particulières (eau bouillante, glace). Sur le plan mathématique, on attribue à chaque point de l'espace x, y, z un nombre (ici la grandeur physique température) et on parle alors de champ scalaire. Mais on peut aussi associer à chaque point x, y, z un vecteur V(x,y,z), champ électrique, champ gravitationnel, vitesse, accélération, …, constituant un champ de vecteurs, ou encore une matrice, par exemple le tenseur des déformations élastiques d'un corps solide.

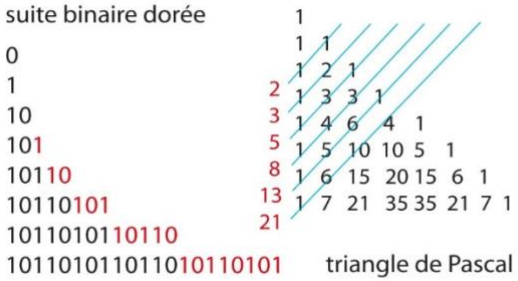
~

Suites de nombres, quelques exemples

triangle de Pascal et suite binaire dorée : on peut faire apparaître la suite de Fibonacci $F_n=F_{n-1}+F_{n-2}$ dans le triangle de Pascal, cela résulte directement du procédé de construction. F_n est le nème nombre dans la suite de Fibonnaci : 1 1 2 3 5 8 13 21 34 55 89 …

puissances de φ **:** on peut écrire de proche en proche :

$\varphi^1= 1.\varphi$, $\varphi^2= 1.\varphi + 1$, $\varphi^3= 2.\varphi + 1$, $\varphi^4= 3.\varphi + 2$, $\varphi^5= 5.\varphi + 3$, $\varphi^6= 8.\varphi + 5$,
$\varphi^7= 13.\varphi + 8$, $\varphi^8= 21.\varphi + 13$, $\varphi^9= 34.\varphi + 21$, …
$\varphi^n= u_n.\varphi + u_{n-1}$



10110101 8bits
1011010110110 13 bits

1011010110110101 10101 21 bits

…

représentation graphique de la suite binaire dorée : on convient de

règles de déplacements d'un point dans le plan x y liées à la suite de bits 0 et 1. On peut choisit par exemple de se déplacer à partir de l'origine 0 0 dans les deux directions x et y avec le pas 'a' de gauche à droite (D=1), de haut en bas (D=2), de droite à gauche (D=3) ou de bas en haut (D=4). DD est une variable qui sert à mémoriser la valeur de D en cours d'itération avant qu'elle ne soit actualisée. R est l'indicateur de rotation éventuelle : si R=0 aucune rotation n'est prévue au prochain déplacement. Si R=1 on tournera à droite et si R=2 on tournera à gauche. RR joue le même rôle pour R que DD pour la variable D.

Règles adoptées dans le programme joint : on extrait l'un après l'autre chacun des bits 0 ou 1. Quand on extrait un 1, aucune consigne de rotation n'est donnée pour le tour suivant donc on prolongera simplement le déplacement (direction et sens). Quand on tire un 0, on prévoit au tour suivant une rotation sur la gauche, si le bit extrait (rang i) est pair et une rotation sur la droite si le bit extrait est impair.

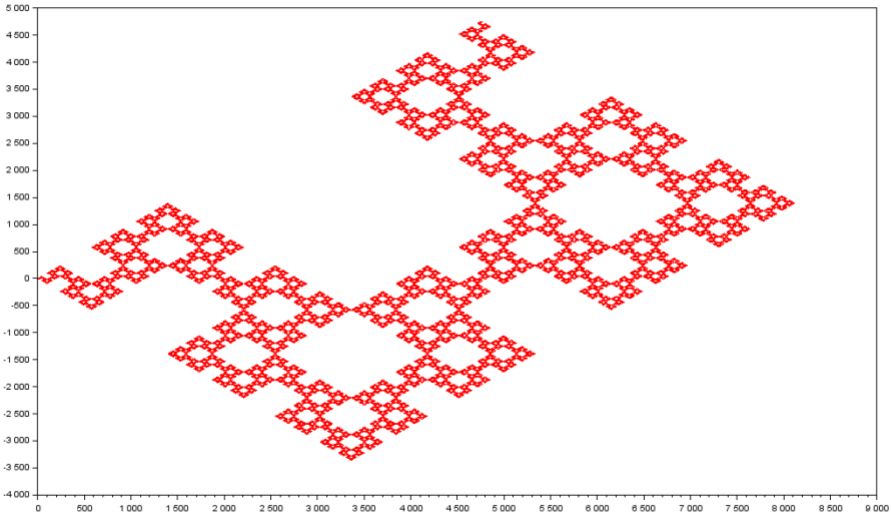
On présente ici le tracé obtenu en appliquant ces règles au 25ème nombre de la suite constitué de 514229 bits 0 ou 1. Le tracé a été obtenu avec le programme suivant écrit pour le logiciel libre Scilab (on a volontairement choisi des ordres très simples pour qu'un néophyte puisse comprendre. Le logiciel Scilab de l'INRIA est quant à lui téléchargeable gratuitement.

```
//programme Scilab flocon d'or
//------------------------

//comment engendrer une chaine de caractères correspondant à la suite binaire de Fibonacci:
//F1=string ('10'); F2=string ('101');
//for k=1:5
//F3=F2+F1
//F1=F2; F2=F3
//disp(F3)
//end;
//calcul du nombre de bits 0 ou 1(longueur de la chaine)
//L=length(F3); disp(L,'L='); 2584 pour k=14;89 pour k=7;
//extraction d'un bit de la chaine
//i=34
```

```
    //f=part (F3, i);
    //disp(f)
    //fin demo préliminaire !
  //-------------------------
    // on représente la suite binaire dorée par une succession de caractères plus précisément les 514229 premier bits 0 ou 1.
    F1=string ('10'); F2=string ('101');
    for k=1:25
    F3=F2+F1
    F1=F2; F2=F3
    end;
    z=string ('0'); u=string ('1')
    x=0; y=0; a=2
    //origine et pas de déplacement
    A=zeros (514229); B=zeros (514229);
    RR=1; DD=4;
    //R ou RR instruction de rotation de l'itération précédente ; R=0 ne pas tourner, 1 tourner à droite ou 2 tourner à gauche.
    For i=1:514229
    R=RR; D=DD;
    //d'abord on se déplace d'un pas. DD indique le sens de déplacement : 1 de gauche à droite, 2 de haut en bas, 3 de droite à gauche et 4 de bas en haut.

     If D==4 then
     //on vient du sud
      if R==0 then x=x; y=y+a; DD=4;
        elseif R==1 then x=x+a; y=y; DD=1;
          elseif R==2 then x=x-a; y=y; DD=3; end ;
     end;

     if D==3 then
     //on vient de l'est
      if R==0 then x=x-a; y=y; DD=3;
        elseif R==1 then x=x; y=y+a; DD=4;
          elseif R==2 then x=x; y=y-a; DD=2; end ;
     end;

     if D==2 then
     //on vient du nord
      if R==0 then x=x; y=y-a; DD=2;
        elseif R==1 then x=x-a; y=y; DD=3;
```

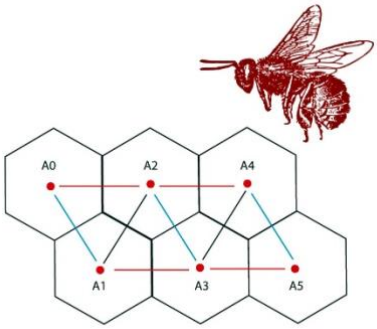
```
        elseif R==2 then x=x+a; y=y; DD=1; end ;
    end;

    if D==1 then
    //on vient de l'ouest
      if R==0 then x=x+a; y=y; DD=1;
        elseif R==1 then x=x; y=y-a; DD=2;
          elseif R==2 then x=x; y=y+a; DD=4; end ;
    end;

    //ensuite on prévoit l'ordre de rotation éventuel en vue du déplacement suivant : RR=0 ne pas tourner, 1 tourner à droite ou 2 tourner à gauche.
    F=part (F3, i);
    //on extrait le ième caractère de la chaine F3 de Fibonacci.
    If i/2==round(i/2) then P=1 else P=0; end; //P=1 si I est pait, 0 si impair.
    If f==u then RR=0; end; // quand on extrait un 1 aucune consigne de rotation pour le tour suivant donc on prolongera simplement le déplacement (direction et sens)
    if f==z then
        if P==1 then RR=2 else RR=1; end;  // quand on tire un 0 on prévoit au tour suivant une rotation sur la gauche, RR=2, si le bit extrait ( rang i) est pair (P=1) donc si P=1 et une rotation sur la droite, RR=1, si le bit extrait est impair (P=0).
    end ;
    A(i)=x; B(i)=y;
    disp (y, x,'x y=')
    disp (RR, DD, 'DD RR=')
    //les vecteurs A et B contiennent les abscisses et ordonnées des points successifs en vue de l'affichage.
    end ;
    // le end de la boucle sur i
    //reste à représenter les points x y
    clf_; plot_(A, B, 'r');

//fin programme Scilab flocon d'or.
```

La figure suivante associée à la suite binaire dorée révèle ce que l'on appelle une autosimilarité : on retrouve un même motif se répètant à différentes échelles.



~

Nombre d'or, butinons … Une abeille s'affaire sur un rayon de miel, passant d'une alvéole à une autre en allant toujours sur sa droite (en horizontal, montée oblique ou descente oblique). Elle peut aller de A0 à A2 directement ou en passant par A1 (2 solutions), 2 trajets au total. Pour aller de A0 à A3, elle peut passer par A2 puis de A2 à A3 (2 solutions) ou passer par A1 puis de A1 à A3, 1 solutionde plus, soit 3 trajets au total. Pour aller de A0 à A4, elle peut passer par A3, 3 solutions précédentes ou passer par A2 (2 solutions), 5 trajets au total. Pour aller de A0 à A5 il y a 5 solutions en passant par A4 et 3 solutions en passant par A3, soit 8 au total… De manière générale, le nombre de trajets Tn+1 pour aller de A0 à An+1 est égal au nombre de trajets Tn-1 pour aller de A0 à An-1 + le nombre de trajets Tn pour aller de A0 à An. C'est donc une suite de Fibonacci Tn+1 = Tn-1 + Tn. Le

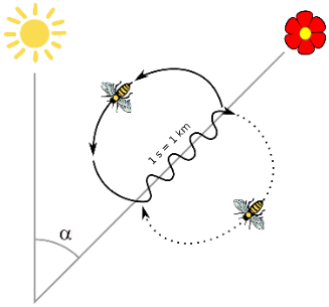


rapport Tn+1/Tn tend vers le nombre d'or φ =1,618.

Une remarque à propos du sens mathématique des abeilles : à la vue des rayons de miel, certains le pensaient dans l'Antiquité (Pappos d'Alexandrie, +340). En réalité, la forme hexagonale des alvéoles provient tout simplement de l'application des lois physiques ordinaires. La cire est secrétée à l'état liquide par les huit glandes abdominales des abeilles. En durcissant, cette cire forme une alvéole. Si une alvéole était unique, alors elle serait de forme arrondie (le plus simple). C'est le durcissement simulatné des alvéoles voisines qui conduit au pavage hexagonal (en comprimant des œufs liquides les uns contre les autres, on obtient aussi des hexagones). Il ne s'agit donc pas d'un comportement délibéré, intelligent, conscient, ou encore inscrit dans les gènes.

En revanche, la danse des abeilles révèle l'utilisation des mathématiques. Elles communiquent entre elles en effectuant des trajectoires circulaires, rectilignes, demi-circulaires et utilisent également la fréquence (frétillement) pour préciser l'endroit où se trouvent des fleurs à butiner (K. von Frisch).

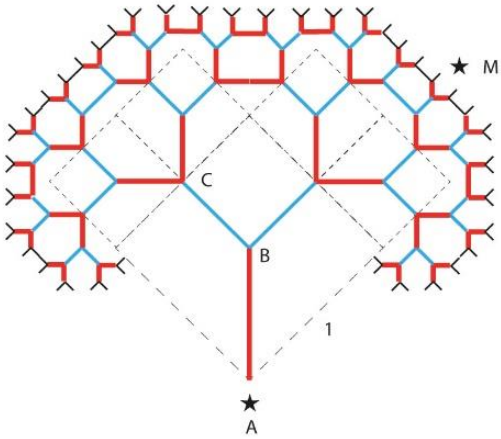
Illustration : danse frétillante des abeilles, commons wikimedia.



arborescences, exemple : le modèle d'arborescence ci-dessous est dit 'du sureau noir' (un arbre qui a entre autres de nombreuses vertus médicinales) car il permet de représenter la diversification des branches lors de la croissance.

AB = √(2)/2. La longueur du trajet AM est : (√(2)/2 + 1/2) + (√(2)/4 +1/4) + (√(2)/8 + 1/8)+ (√(2)/16 + 1/16) = (√(2)/2 + 1/ent le développement des branches.

S= (1+ 1/2 + 1/4 + 1/8 +1/16 +1/32+1/64 +1/128 + …) est la somme des termes d'une progression géométrique de premier terme 1 et raison 1/2 qui tend donc vers 2 si bien que le trajet AM tend vers 1+ √2.



~

Suite logistique : dans la suite de Fibonnaci, le terme F(n)=F(n-1)+F(n-2) croit indéfiniment avec n. La suite ne converge pas. C'est le rapport de deux termes successifs F(n+1)/F(n) qui constitue lui-même une suite convergeant vers la limite φ =1,618.

Nous allons maintenant considérer une autre suite, dite logistique, dont la convergence va dépendre d'un paramètre μ :

$P(n+1)=\mu.P(n).[1-P(n)]$

Si $0 \leq \mu \leq 1$, alors P(n) tend vers zéro.
Si $1 \leq \mu \leq 2$, alors P(n) converge vers … et cela quelle que soit P(0).
Si $2 \leq \mu \leq 3$, alors P(n) converge après oscillation vers … Quand on se rapproche de la valeur 3, alors la convergence est très lente.
Si $3 < \mu \leq 3.45$, alors P(n) oscille au bout d'un certain temps entre **2 valeurs** qui dépendent de μ mais pas de P(0).
Si $3.45 < \mu \leq 3.54$, alors P(n) oscille au bout d'un certain temps entre

quatre valeurs qui dépendent de μ mais pas de P(0).

Quand μ dépasse 3.54, très vite en fonction de cette valeur, P(n) semet à osciller entre 8 puis 16 puis 32 valeurs …

A partir de μ=3 .57, un régime de chaos s'installe. En changeant légèrement P(0) cette fois les résultats diffèrent :

Au-dessus de μ=4 P(n) quitte l'intervalle [0,1]

Si la suite de type Xn+1= μ*Xn*(1-Xn) converge, cela signifie que Xn+1 va se rapprocher de Xn. La valeur à l'équilibre doit donc être la solution de l'équation X= μ*X*(1-X) ou encore : X=(μ-1)/ μ.

La suite logistique a été proposée initialement dans le but de modéliser la dynamique de croissance d'une population animale. P(n) compris entre 0 et 1 désigne alors la population 'normalisée' d'une espèce, à savoir le rapport entre la population effective et la population maximale.

Dans la lutte incessante pour la vie, une espèce a d'autant plus de chances de proliférer que ses représentants sont nombreux, ceci bien évidemment tant qu'elle a suffisamment de ressources, qu'elle n'est pas victime d'une maladie léthale résultant de la promiscuité ou encore des conséquences d'une surpopulation. Au départ, P(n) étant très petit devant 1, la population P(n+1) de la génération n+1 est proportionnelle à la population P(n) de la génération précédente n (plus il ya de parents et plus il y a d'enfants). Les effets contraires dûs à la surpopulation sont pris en compte par le second facteur [1-P(n)]. Lorsque la population se rapproche de son maximum, P(n) se rapproche de 1 et ce facteur devient prépondérant.

De manière globale, dans la nature, la réponse d'un système à des sollicitations peut prendre différentes formes. Il n'évolue pas forcément vers l'équilibre mais peut se mettre à osciller, autrement dit évoluer périodiquement vers deux ou plusieurs états différents. Quand il évolue vers l'équilibre, cela peut se passer avec des oscillations préalables, le système sur-réagissant à une sollicitation. Après quelques actions-réactions, aller-retours, on atteint l'équilibre. Dans d'autres cas l'équilibre peut être atteint au terme d'une évolution régulière sans oscillations. Enfin, il arrive aussi qu'un système entre

en oscillations et s'emballe. On parle de résonance (exemple : destruction d'un pont qui se met à osciller sur une fréquence propre ; quand l'amplitude de déformation devient trop forte on peut dépasser la limite de rupture de l'acier utilisé pour la construction).

On sait dans bien des cas comment contenir, limiter tout en les entretenant les oscillations d'un système. C'est le cas d'un oscillateur électronique dans lequel un dispositif limite l'amplitude pour éviter la destruction des composants électroniques. Enfin, dernier cas, un système peut aussi évoluer vers le chaos.

On aura aussi compris que pour la modélisation de l'évolution d'une population, de nombreuses autres suites sont envisageables. Une parabole, autrement dit un polynome du second degré en x présentant un maximum est bien sûr un candidat naturel très simple (croissance et décroissance) mais on peut aussi choisir des polynomes de degré supérieur. L'essentiel est qu'il y ait au moins un facteur 'amplificateur' autrement dit de croissance (la population à la génération n+1 sera proportionnelle à celle de la génération n), et au moins un facteur de type 'régulateur' entraînant une limitation de la population dès qu'elle devient trop importante. Toute la subtilité du modélisateur revient à trouver la suite mathématique qui reflètera au mieux la réalité, à modéliser fidèlement la dynamique d'une population que ce soit d'êtres vivant ou d'états énergétiques.

Le modèle logistique ci-dessus ne fait appel qu'à un seul paramètre μ ce qui peut ne pas être suffisant pour modéliser deux phénomènes qui peuvent être distincts, à savoir ici le taux de reproduction animale dans une population en bonne santé et d'autre part la raréfaction de la nourriture ou le taux de prévalence d'une affection léthale dûe à une trop grande promiscuité. Nous prendrons donc ici l'exemple de la suite logistique $Xn+1= (\mu_1.Xn+ \mu_2).(1-Xn)$ dans laquelle deux paramètres μ_1 et μ_2 interviennent. La convergence éventuelle doit se faire vers une solution de l'équation :

$$X= (\mu_1.X+ \mu_2). (1-X)$$
$$\mu_1 .X^2 – X. (\mu_1- \mu_2 -1)- \mu_2 =0$$

Les deux solutions d'une équation du second degré $a.x^2+b.x+c=0$

sont $x_1=[-b+\sqrt{(b^2-4.a.c)}]/(2.a)$ et $x_2=[-b-\sqrt{(b^2-4.a.c)}]/(2.a)$

Avec $\mu_1 =1$ et $\mu_2 =0$ on retrouve la suite logistique la plus simple Xn+1= μ.Xn.(1-Xn).

Ici, à titre d'exemple, on choisira ici $\mu_1 =1$. La suite est alors du type $P(n+1)=[P(n)+\mu_2]. [1-P(n)]$ s'il s'agit d'une population. La convergence se fait quand elle est possible vers une solution de

$x^2+ \mu_2.x- \mu_2 =0$

$\sqrt{(b^2-4.a.c)}]= \sqrt{(\mu_2{}^2+4.\mu_2)}]=$ a une solution réelle si $\mu_2 >0$ ou $\mu_2 <-4$

Le programme suivant permet de montrer que $P(n+1) =[P(n)+\mu_2]. [1-P(n)]$ révèle un comportement chaotique pour certaines valeurs de μ_2:

Avec $\mu_2=1$ on obtient alternativement les valeurs 0 et 1

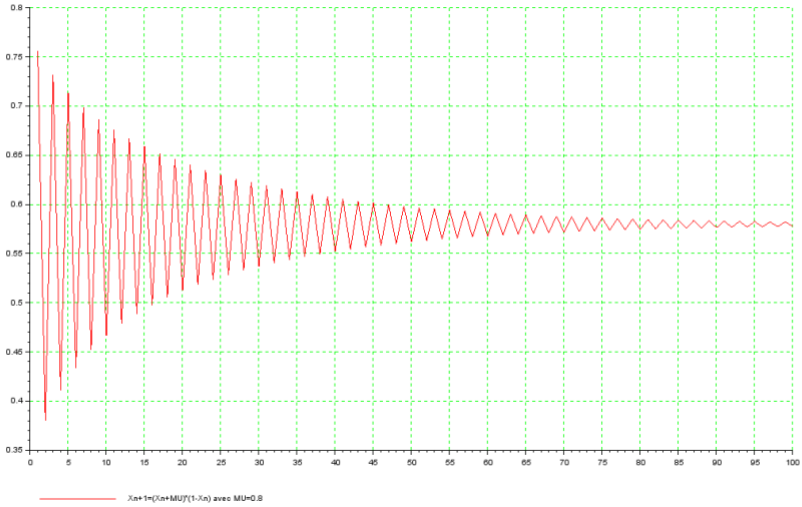
Avec $\mu_2=0.8$ on obtient une oscillation amortie tendant vers une valeur limite voisine de 0.58

On laisse au lecteur le soin de représenter les graphiques correspondant à des situations de chaos.

```
//programme Scilab suite logistique P(n+1 )=[P(n)+μ2]. [1-P(n)]
    PP1=1/3
    Mu=2
    kiter=1000
    P=zeros(1: kiter)
    // vecteur mémorisant la suite P(n)
   for k=1: kiter
      P1=PP1
      PP1=(P1+Mu)*(1-P1)
      P(k)=PP1;
      disp(P(k),k,'k P(k)=');
  end
 //affichage
    clf( )
```

```
 xgrid(3);//grille de couleur verte
 a=(1: 1: kiter);
 plot2d(a, P ,[5], leg='Xn+1=Mu*Xn*(1-Xn)');
//[5] courbe tracée en rouge; leg: commentaire bas de figure
//fin programme Scilab suite logistique P(n+1 )=[P(n)+μ2]. [1-P(n)]
```

~

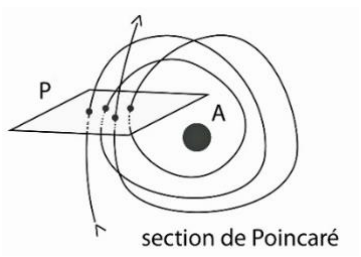


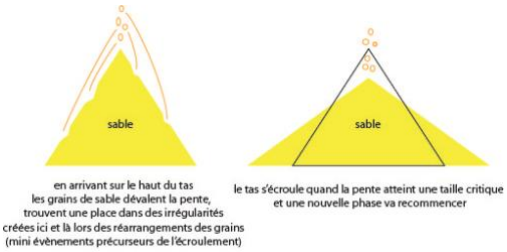
~

Chaos

Les situations de chaos sont très fréquentes dans la Nature.

H. Poincaré : une cause très petite et qui nous échappe détermine un effet considérable que nous ne pouvons pas voir et alors nous disons que cet effet est dû au hasard. Si nous connaissions exactement les lois de la nature et la situation de l'univers à l'instant initial nous pourrions prédire exactement la situation de ce même univers à un instant ultérieur. Mais lors même que les lois naturelles n'auraient plus de secrets pour nous, nous ne pouvons connaître la situation initiale qu'approximativement.





La théorie du chaos représente l'un des plus grands apports scientifiques de l'Occident depuis la formalisation des phénomènes à caractère déterministe. (Dans un processus déterministe, à partir des équations de modélisation, on peut parfaitement prévoir la trajectoire d'un mobile en mouvement, équations de Newton par exemple). Dans le cas du mouvement chaotique de corps, les trajectoires révèlent une sorte d'errance au hasard. On ne passe en généralement pas deux fois au même endroit mais on ne quitte pas le voisinage de ce qu'on appelle un attracteur. Les trajectoires.

Dans un espace comportant coordonnées et vitesses, (alternativement énergie et étalement d'ondes) semblent se rapprocher d'un point fixe ou d'une surface plus ou moins complexe. Elles convergent, s'entassent, s'accumulent, forment une sorte de pelote

autour de l'attracteur.

Si l'on fait tomber doucement des grains sur le sommet d'un tas, ils tentent alors de s'organiser. Ceux qui tombent sur le haut roulent dévalent la pente jusqu'à trouver une place. Quelques réarrangements, mini écroulements locaux et limités sont utiles au maintien de la stabilité de l'ensemble. Ils sont aussi des avertisseurs de l'écroulement global, précurseurs de la catastrophe, l'avalanche généralisée qui va remettre les grains dans la situation initiale caractérisée par l'auto-organisation. La catastrophe est une dynamique dont l'issue est inévitable : une relaxation avec libération de l'énergie globale accumulée en excès. Dans la nature, de nombreux autres systèmes suivent cette tendance dans l'environnement humain, tremblements de terre, météorologie, évolutions politiques conduisant à des révolutions, évolution des espèces. La sortie du chaos, prélude à la relaxation qui permettra au système perturbé de revenir à l'équilibre est généralement perçue comme catastrophique par l'homme. C'est le cas du Big Bang qui vomit soudain dans ce qui devient un espace-temps une quantité considérable d'énergie.

En physique, la dynamique du chaos est souvent représentée par la distribution des points (coordonnée, vitesses) sur une section transversale dite section de Poincaré révèle le fonctionnement de l'attracteur et son mode d'évolution vers le chaos.

Certains chercheurs pensent que la construction d'une pensée complexe, plus généralement les processus cognitifs, dans l'imaginaire la conversion soudaine à une religion ou croyance, dans le rationnel ou réel, l'élaboration d'une théorie scientifique (Euréka, j'ai trouvé), relèvent de la sortie d'un processus de chaos. Des 'éléments de pensée' associés à des cheminements dans le réseau des neurones pourraient réagir jusqu'à faire émerger une pensée particulière.

Dans le même ordre d'idées et si l'on compare le cerveau à un système multiprocesseurs, le comportement peut être imprévisible, dépendant de qui va donner le La, enclencher la catastrophe, de la même manière qu'au niveau d'une prévision de type météorologique.

~

Auto-organisation d'un réseau cellulaire inerte

On considère ici des choses inertes (non vivantes). L'apport d'énergie à des milieux fluides et gazeux donne lieu à des turbulences, mouvements circulaires ou tourbillonnaires, spirales, vortex, des situations de chaos entraînées par la concurrence ou l'antagonisme entre les courants de sens contraire en contact au sein du milieu. La configuration adoptée dépend de manière critique des conditions initiales.

Une expérience simple consiste à chauffer de l'huile de silicone enfermée entre deux plaques parallèles proches l'une de l'autre. Pour cela, la plaque inférieure est chauffée uniformément.

Si l'apport de chaleur est suffisamment grand, alors les échanges par simple conduction cèdent la place à la convection et des courants verticaux alternés se mettent en place, mis en évidence à la surface huileuse par l'apparition d'une structure en cellules (Bénard). On peut faire varier la morphologie de ces cellules en modifiant les dimensions relatives (épaisseur de la couche et surface). La température d'apparition des cellules est aussi fonction de la viscosité de l'huile et de sa conductivité thermique.

Le pavage hexagonal observé reflète la forme et la taille des circuits fluides verticaux parallèles et quasiment fermés sur eux-mêmes, en concurrence les uns avec les autres. Cet exemple illustre les effets d'auto-organisation dans la nature inerte. On pense qu'ils ont pu jouer un rôle dans l'apparition des êtres vivants, les molécules de la vie se trouvant alors enfermées dans des réseaux cellulaires.

Le phénomène précédent peut être simulé en informatique. L'apparition d'un pavage hexagonal, nid d'abeilles, est la conséquence de l'antagonisme entre les circuits fluides de bas en haut et ceux de bas en haut, cela au niveau des interfaces. C'est une situation assez classique en physique et biologie : en magnétisme, on connait l'existence des domaines de Weiss ; d'une part de d'autre de l'interface entre deux domaines, les spins alignés sont opposés. Dans le cas présent les cellules de Bénard sont révélatrices de la concurrence entre les flux parallèles

mais contraires de liquide chaud montant vers la surface et liquide froid descendant. Dans le domaine des sciences de la vie, on pense bien sûr à la constitution de micelles, ces zones séparées du milieu liquide principal par une paroi sphéroide de molécules polarisées tels des aimants avec une extrémité hydrophile et une autre hydrophobe. Leurs dimensions peuvent varier de 0,001 à 0,4 microns.

Pour tenir compte de la structure bipolaire on peut soit utiliser des réaangements de doublets orientés, un peu comme des dominos soit affecter à chaque case un indicateur permettant de décrire la montée ou la descente d'un flux de convexion liquide, un spin ou encore encore le côté hydrophile et le côté hydrophobe.

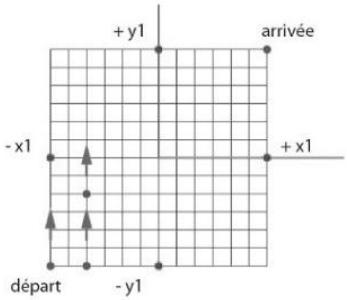
Suites complexes : à un point M d'un plan repéré par deux coordonnées x abscisse et y ordonnée (x et y nombres réels ou ordinaires) on associe dans le plan complexe ce qu'on appelle un nombre complexe z en écrivant $z=x+i.y$. Le module de z noté $|z|$ est égal à $\sqrt{(x^2+y^2)}$. De même que l'on peut former des suites u de nombres normaux id réels (par exemple la suite des nombres pairs $u_{n+1} = u_n + 2$ avec $u_0 = 0$), on peut aussi former des suites de nombres complexes dans lesquelles z_{n+1} est relié à z_n par une relation donnée. Un exemple est celui des suites de Julia : $z_{n+1} = z_n^2 + c$, (c est un nombre complexe).

$z_1 = z_0^2 + c$
$z_2 = z_1^2 + c = (z_0^2 + c)^2 + c$
$z_3 = z_2^2 + c = ((z_0^2 + c)^2 + c)^2 + c$
etc …

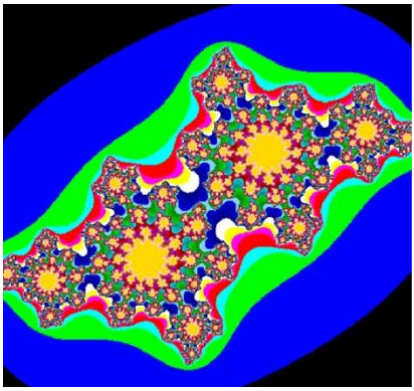
Pour qu'une telle suite converge, autrement dit que $|z_n|$ tende vers une valeur finie quand n devient de plus en plus grand, il est nécessaire que $|c|$ demeure inférieur à 2. Mais la convergence dépend aussi du choix de z_0, le premier nombre complexe de la suite utilisé pour construire les autres dans l'itération $z_{n+1} = z_n^2 + c$.

Une fois une valeur de c choisie, on peut explorer systématiquement toute une zone du plan complexe en choisissant successivement tous les nombres z_0 ayant une valeur de x comprise entre $-x_1$ et $+ x_1$ et une valeur

de y comprise entre $-y_1$ et $+ y_1$. Pour cela on peut par exemple effectuer un balayage de bas en haut. Sur la figure jointe on part du coin en bas à gauche pour remonter la 1ère colonne. Une fois arrivé en haut on repart du bas de la seconde colonne et ainsi de suite jusqu'au point d'arrivée.



Pour chaque couple (x, y), après avoir mis une variable à zéro, ici n=0, on effectue l'itération $z_{n+1} = z_n^2 + c$ tant que $|z| < 2$ et tant que $n < 255$; à chaque tour on fait n= n+1. Dès que la condition $|z| < 2$ n'est plus satisfaite, autrement dit que la suite se met à diverger, on sort de la boucle et on attribue au point M (x, y) un flag de valeur n (nombre de boucles effectuées avant la divergence). On considère en outre que si après 255 passes, n=255, z ne diverge pas, alors la convergence est supposée. Les couleurs indexées sur n vont indiquer des divergences de la suite plus ou moins rapides.



On voit apparaître sur la figure des auto-similarités comme dans l'exemple précédent de la suite binaire dorée. Un processus itératif avec des règles simples peut donc construire des formes géométriques complexes. De nombreuses formes retrouvées dans la nature (plantes entre autres) correspondent à des fractales. Elles sont engendrées par l'agencement d'éléments en très grand nombre selon une règle mathématique simple.

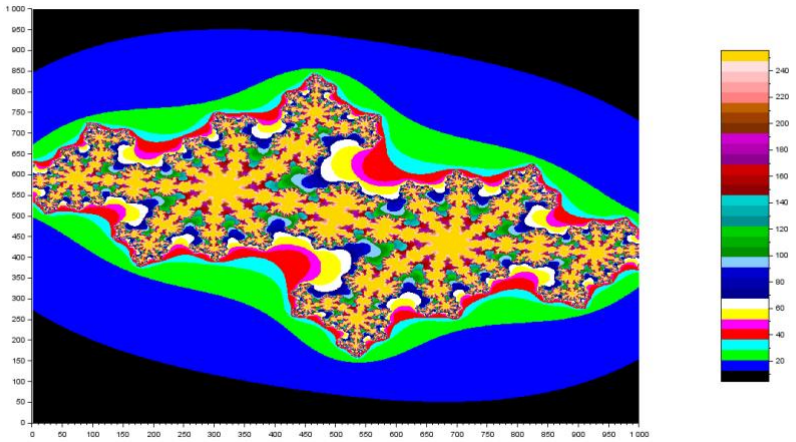
Signalons enfin que par la même technique, mais cette fois en fixant la valeur de z_0 à 0, on peut chercher les valeurs de c qui assurent la convergence de la suite. On engendre alors les ensembles dits de Mandelbrot.

Tous ces agencements géométriques auraient pu être découverts bien avant si on avait disposé des puissants outils informatiques contemporains.

Voici le programme engendrant la fractale représentée ci-dessus :

```
//programme Scilab Julia
clc; clear;
f=zeros(1000,1000)// on remplit un tableau 1000x1000 avec des zéros
p= 1000;
x1=-1.3; x2=1.3; y1=-1.3; y2=1.3;
// 40ystems40io du plan contenant les nombres complexes à explorer
pasx=(x2-x1)/p; pasy=(y2-y1)/p;
c=-0.577+0.478*%i;
for ligne=1: p
  for colonne=1: p
    x=x1+(ligne-1)*pasx+(y1+(colonne-1)*pasy)*%i;
    n=0;y=x;
      while ((abs(y)<2) & (n<255))
      // si la suite n'a pas encore convergé, id(abs(y)<2), après 255 itérations, on considère ('espère!) qu'elle va le faire.
      Y=y^2+c; n=n+5;
      end
    f(ligne, colonne)=n;// n est le nombre d'itérations à partir duquel la suite diverge.
    end
end
// affichage
m=1:1000; n=1:1000;
clf();g=gcf();//on efface
gcolor_map=hotcolormap(64);
colorbar(min(f),max(f));
grayplot(m,n,f);
//fin programme Scilab Julia_oct2020
```

Le deuxième exemple ci-dessous de figure de Julia correspond à c =-0.7+0.35*i



Convergence d'une suite complexe et équations polynomiales **:** l'exemple choisi ici est celui de suites du type $\mathbf{z_{n+1}= a.z_n^2+b.z_n+c}$ et plus précisément d'une suite de Julia pour laquelle a=1 et b=0 :

$$\mathbf{z_{n+1}= z_n^2+c} \quad (1) \text{ avec } z_n=x_n+i.y_n,\ c=c1+i.c2$$

La condition pour qu'une telle suite converge vers Z ($z_n \rightarrow Z$) est que chacune des suites x_n et y_n converge vers une limite, X ($x_n \rightarrow X$), Y ($y_n \rightarrow Y$). Nous cherchons à trouver X et Y analytiquement.

Avec $z_{n+1}=z_n=Z$, $x_{n+1}=x_n=X$, $y_{n+1}=y_n=Y$, l'équation (1) conduit à :

$$Z^2-Z+c=0$$
$$(X^2-Y^2)-X+c1=0 \quad (2)$$
$$2.X.Y -Y+c2=0 \quad (3)$$
$$Y=c2/(1-2.X) \quad (3bis)$$
$$X^4-2.X^3+X^2.(5/4+c1)-X.(1/4+c1)+c1.(1-c1)/4=0 \quad (2bis)$$

Étudier analytiquement la convergence de $\mathbf{z_{n+1}= a.z_n^2+b.z_n+c}$ de manière analytique revient donc à résoudre des équations polynomiales

d'ordre 4, puis 3 puis 2, ce dont nous avons parlé précédemment.

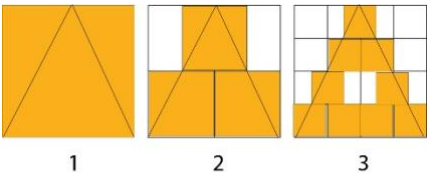
Pour étudier la convergence d'une suite $\mathbf{z_{n+1} = a.z_n^3 + b.z_n^2 + c.z_n + d}$, on devrait résoudre des équations polynomiales d'ordre plus élevé. Même s'il est envisageable de laisser à une intelligence artificielle la recherche d'une solution en manipulant les symboles comme le ferait un mathématicien, on recourt aujourd'hui le plus souvent au calcul numérique.

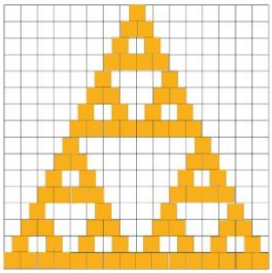
On peut aussi remarquer que l'étude de la convergence d'une suite complexe revient à résoudre un système de deux équations à deux inconnues réelles X et Y, c1 et c2 étant réels (ou à rechercher une solution réelle de l'équation quadratique 2bis).

~

Dimension fractale

Tapisserie de Sierpinski





on divise chaque fois par 2 la taille du carré de départ, ce qui nécessite :

2 : 3 carrés de taille 1/2 : log3/log2 ≈ 1,585

3 : 9 carrés de taille 1/4 : log $9/\log 4 = \log 3^2/\log 2^2 = \log 3/\log 2$

4 : 27 carrés de taille 1/8 : log $27/\log 8 = \log 3^3/\log 2^3 = \log 3/\log 2$

Illustration : tapisserie de Sierpinski / la dimension fractale (Minkovski) est 1,585/ cymbiola_innexa, photo M. Ogee.

De manière générale, un objet fractal peut avoir une longueur infinie tout en étant contenu dans un domaine fini du plan. De même un objet fractal peut avoir une surface infinie tout en contenant un volume fini.

~

Flocon de Koch

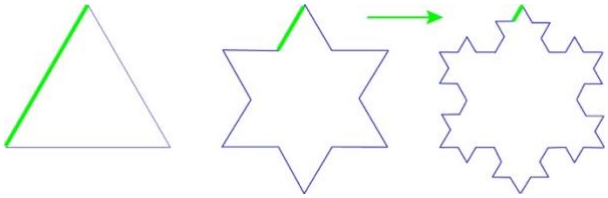


Illustration : flocon de Koch / quand on réduit d'un facteur 3 la longueur du segment permettant de reconstituer_préciser de mieux en mieux le flocon, alors le nombre de segments nécessaires est multiplié par 4. La dimension de Minkovski est donc égale à log4/log3 ≈ 1,26 / le contour du flocon a une longueur infinie puisque la longueur de chaque segment est multipliée par 4/3 à chaque opération. Par contre, l'aire délimitée a une valeur finie (on montre facilement qu'elle est égale à $1+\Sigma(4/9)n=9/5$, si l'aire du triangle de départ est égale à 1.

Quadratic type 2 curve

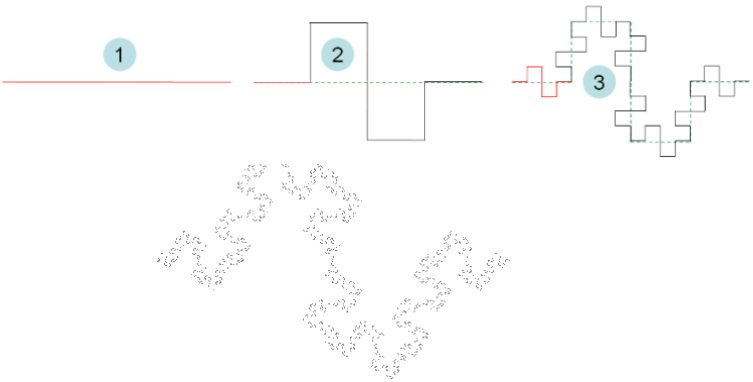


Illustration : en haut par Prokofiev, own work, en bas par Alexis Monnerot-public domaine, author, CC BY-SA 3.0, commons wikimedia / on utilise ici 8 segments pour passer de 1 à 2 et le rapport de réduction est de 4. La dimension de Minkowski est donc égale à $\log 8/\log 4=\log 2^3/\log 2^2=3\log 2/(2\log 2)=1,5$ à mi-chemin entre 1 et 2 (dimension 1 pour une courbe usuelle_ordinaire, dimension 2 pour une surface usuelle_ordinaire).

Quadratic island

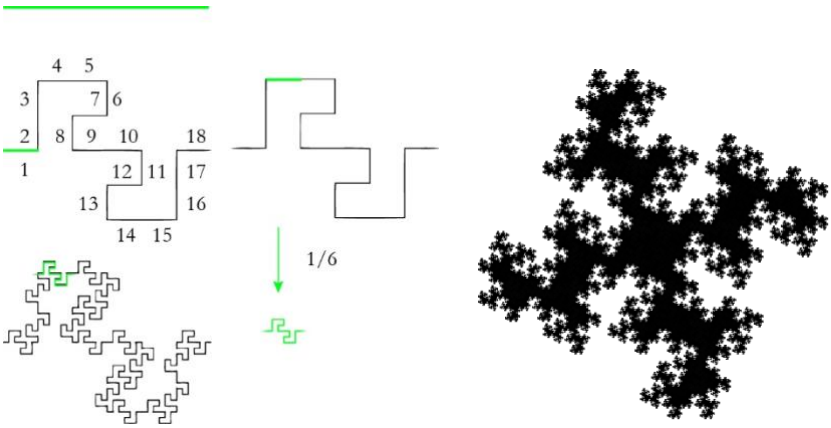
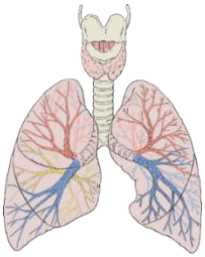


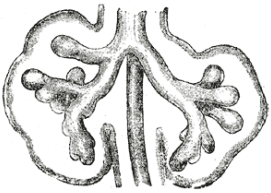
Illustration : quadratic island, by Hyacinth, own work, CC BY-SA 4.0, commons wikimedia, (wikipedia_Koch snowflake).

La dimension de Minkowski est $\log 18/\log 6 \approx 1{,}61$

quelques exemples de structures fractales dans la Nature :

Respiration humaine : on a expliqué précédemment comment une structure fractale permet à un objet donné d'avoir un volume limité et en même temps une surface contenante très importante. Cette surface est l'interface avec le milieu extérieur dans lequel se trouve l'objet. Les poumons humains, par leur organisation fractale (environ 16 itérations ou niveaux), permettent de faire passer une grande quantité d'oxygène depuis l'air inspiré dans les poumons (78% azote ; 21% O2, traces d'autres gaz, vapeur d'eau) vers le sang, cela avec un organe de volume réduit (compatible avec la cage thoracique). La modélisation sur ordinateur (ramifications tubuaires successives de longueur moitié avec diminution de la section) montre que la surface d'échange peut atteindre la taille d'un terrain de tennis. Le dernier niveau de ramification est celui des alvéoles. La dimension fractale de la surface des alvéoles, après 20 à 25 subdivisions depuis la trachée est voisine de 3 (2,97).





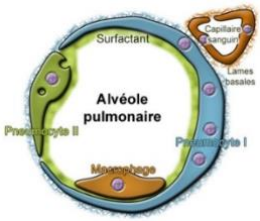


Illustration : lungs, by Patrick J. Lynch, medical illustrator - Patrick J. Lynch, medical illustrator, commons wikimedia / la trachée se divise en deux, formant des bronches, qui elles-même se divisent en bronchioles et enfin en des alvéoles pulmonaires (après 16 divisions, on obtient 2^{16}=65 536) / lungs during development, showing the early branching of the primitive bronchial buds /illustration: by Henry Vandyke Carter - Henry Gray (1918) Anatomy of the Human Body, public domain, commons Wikimedia / the respiratory tract has a branching structure known as the respiratory tree.[1] In the embryo this structure is developed_generated (branching morphogenese) by the repeated splitting of the tip of the branch. The epithelium forms branching tubes / schéma en coupe des cellules d'une alvéole /

Astronomie : l'analyse de la distribution des amas de galaxies, à échelle plus petite des galaxies, encore plus petite des systèmes solaires, révèle des arrangements géométriques similaires de structure fractale

Plantes_sève_arbres : dans la nature, les embranchements fractals successifs permettent d'acheminer la sève depuis le tronc sur plusieurs centaines de mètres pour un arbre de seulement quelques m^3 de volume.

Dimensions fractales, de multiples définitions : quand on examine le littoral découpé de certains pays (Grande Bretagne, Norvège), on constate qu'en zoomant sur l'interface terre océan, on retrouve à des échelles de plus en plus fines les mêmes formes géométriques. Si on examine la côte depuis le ciel, plus on va zoomer et plus des détails vont apparaître, révélant des ressemblances à des échelles plus fines. On est en présence d'un contour fractal. Si l'on cherche à mesurer la longueur de la côte avec un pas donné (à l'aide d'un GPS ou plus simplement sur une

carte à l'aide d'un compas pour lequel on pourra varier l'écartement), la longueur est d'autant plus grande que le pas est fin. Si l'on porte sur un graphique Log-Log la longueur mesurée en fonction de l'unité de longueur choisie (le pas), alors on obtient une droite de pente, 1,333. Plus généralement, la 'dimension fractale' d'une côte est comprise entre 1 et 2. Pour la côte landaise (France) ou encore le littoral rectiligne d'Afrique du Sud, la dimension est de 1,02. Pour le littoral portuguais, moins déchiqueté que celui de la Bretagne française, elle est voisine de 1,14. Pour la côte norvégienne, 1,52.

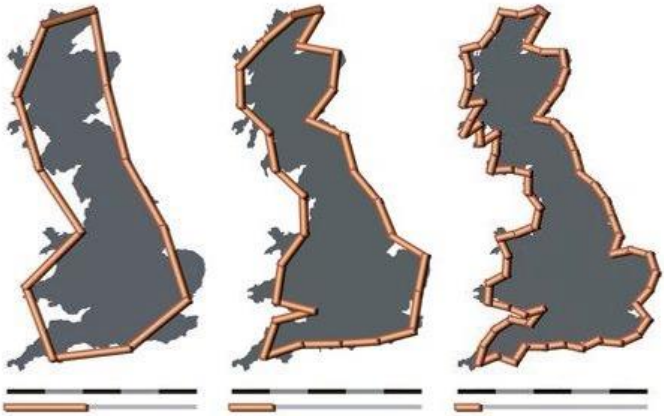


Illustration : CC BY-SA 3.0, commons wikimedia / mesure de la dimension fractale de la côte de Grande-Bretagne (de gauche à droite, la longueur apparente augmente quand le pas diminue de 200km à 100 puis 50km, 200x11,5=2300km, 100x28=2800km, 50x70=3500km).

La dimension fractale est alors donnée par la pente de la courbe log(N) versus log(1/d) quand le pas de mesure d varie.

Mais il existe une autre manière de caractériser_mesurer la dimension fractale, par exemple en recouvrant la côte avec des carrés, comme sur la figure ci-après :

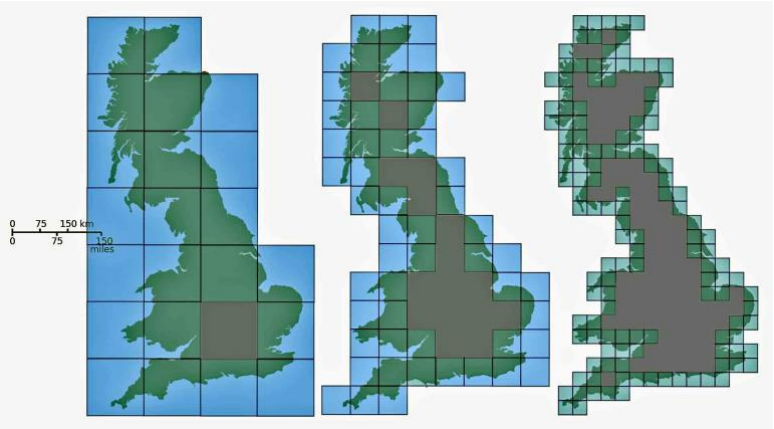


Illustration : par Prokofiev, travail personnel, CC BY-SA 3.0, commons wikimedia estimation de la dimension de Minkowski de la fractale 'littoral de la côte de Grande-Bretagne'. On utilise un réseau maillé carré de côté d (carré élémentaire) / plus d est petit, plus grand est le nombre des carrés nécessaires pour inclure la côte / la dimension de Minkowski (box-counting dimension) est la limite quand elle existe de logN(d)/log(1/d) quand d devient de plus en plus petit (N et 1/ d croissent alors de plus en plus) / échelle en miles.

Le littoral de la côte bretonne françaises est caractérisé par d=1,33 et celui de la côte norvégienne encore plus déchiquetée, par d=1,52.

Remarque : il n'est pas possible de trouver une limite, car on cherche à reproduire la forme de la côte avec des objets de taille identique (les carrrés élémentaires de côté d. Dans d'autres définitions de la dimension d'un objet fractal (Hausdorff par exemple) on essaye de reconstituer la forme géométrique avec des objets dont la taille peut varier.

Dimensions topologiques : les dimensions habituelles, dites topologiques, sont 0 pour un point, 1 pour une courbe (droite ou autre), 2 pour une surface (plan ou autre), 3 pour un volume, 4 pour un hypervolume, … Si on agrandit ou diminue l'objet d'un certain facteur, la forme est conservée (homothétie). Quand on double le côté d'un carré (surface, dimension 2), sa surface passe de 1^2 à 2^2, si on double le côté d'un cube (volume, dimension 3), son volume passe de 1^3 à 2^3.

Jeu de la vie

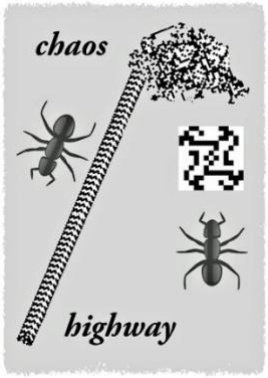
Le développement des ordinateurs a permis de grandes avancées. Les simulations numériques peuvent aujourd'hui prévoir le comportement de très grands ensembles d'éléments soumis à l'effet statistique ainsi qu'à quelques règles mathématiques simples. Avec les automates cellulaires on simule le comportement de grands ensembles d'éléments, par exemple l'évolution d'une population, à partir de règles de proximité. La manière d'aborder la question du développement de la population est différente de celle vue précédemment avec les suites logistiques. C'est en fonction de la situation locale que l'on fait évoluer localement le système. Les évolutions se propagent alors de proche en proche. Dans le jeu de la vie, une grille à deux dimensions peut ou non contenir dans une de ses cases un des éléments de la population considérée, par exemple une cellule vivante dans le cas d'une culture de cellules au sein d'un milieu nourricier. Cette cellule va pouvoir se reproduire dans certains cas et dans d'autre elle succombera, victime par exemple d'une trop forte promiscuité. Par sa simplicité première, le jeu de la vie séduit de nombreux amateurs d'informatique qui jouent avec des programmes tout faits offrant toutes sortes de situations amusantes.

i-1, j-1	i-1, j	i-1, j+1
i, j-1	i, j	i, j+1
i+1, j-1	i+1, j	i+1, j+1

En pratique, on ensemence au départ une grille-damier constituée de n.n cases avec des 0 ou des 1. C'est la colonie des précurseurs ! Cela peut être fait de manière aléatoire ou au contraire particulière. La case (ligne i, colonne j) à 1 correspond à une case avec une cellule en vie et le 0 à une case vide, inhabitée. Dans le jeu initial, les règles sont les suivantes : à la génération n si une case (i, j) est inoccupée (0) et si elle est entourée de trois cases occupées (1), les trois cellules vivantes permettent la naissance d'une nouvelle cellule. L'état bascule alors de 0 à 1 à la génération. En revanche, si la case était dans l'état 1, autrement dit occupée par une cellule en vie, elle ne peut survivre et donc rester à 1 que si elle est entourée à l'étape de 2 ou 3 cellules en vie. À

défaut on bascule de 1 à 0, autrement dit la cellule disparait.

En faisant varier les règles et les conditions initiales d'ensemencement on observe des phénomènes dynamiques particuliers très variés : des groupes de cellules identiques peuvent apparaître, disparaitre et réapparaitre périodiquement, se déplacer progressivement sur la grille, en horizontal, vertical ou diagonale, se répliquer, expédier des salves type boulets de canon ou encore se mettre à tisser des sortes d'écharpe comme dans une machine à tricoter.



Le système s'auto-organise de proche en proche. Les algorithmes (logiciels) simulant des processus d'auto-organisation tels que décrits relèvent de l'étude de ce que l'on désigne par automates cellulaires.

Exemple, fourmi de Langton : dans les phénomènes qui peuvent paraître étranges aux non-initiés figure en particulier ce qu'on appelle la fourmi de Langton : un objet 'fourmi' se déplace sur un damier-grille avec une règle simple. De n à n+1 : si la fourmi est sur une case noire elle tourne à gauche et si elle est sur une case blanche elle tourne à droite ; une case abandonnée change de couleur. Dans les quelques centaines de premiers pas de calcul (itérations) elle dessine des formes géométriques. Ensuite elle adopte un comportement erratique, jusqu'à ce que soudain, quand n approche de 10.000, elle se mette à adopter une direction bien déterminée, suivant en quelque sorte une autoroute ou encore comme si l'on tricotait une écharpe.

Voici un exemple de programme répondant à ces règles :

//programme Scilab Fourmi de Langton.

//il s'agit d'un automate cellulaire très simple distinct de ceux de Conway. Il n'y a qu'une seule fourmi et non pas toute une population de cellules vivantes comme dans le jeu de la vie. Chacune des positions successives de la fourmi sur la grille est caractérisée par 1/la couleur de

la case et 2: le sens dans lequel la fourmi regarde (S=1 si la fourmi regarde vers la gauche, 2 vers la droite, 3 vers le haut, 4 vers le bas).

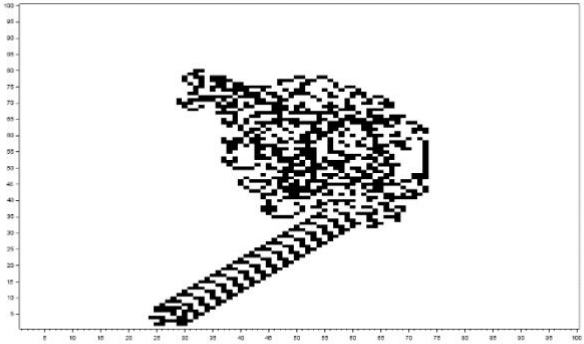
//la grille M de taille n.n est au départ mise à 0 ou si on préfère à 1 (donc toutes cellules de même couleur).

//les règles de l'automate sont très simples : la case sur laquelle se trouve la fourmi est soit blanche 0 soit noire 1. La fourmi va se déplacer à gauche, à droite, en haut ou en bas d'une case à chaque tour (valeur de k dans la boucle) et selon les règles suivantes : si la fourmi occupe une case noire, elle tourne de 90° vers la gauche, inverse la couleur de la case en blanc et avance d'une case. Si la fourmi occupe une case blanche, elle tourne de 90° vers la droite, inverse la couleur de la case en noir et avance d'une case.

```
N=100; M=ones(n,n); i1=50; j1=50; M(i1,j1)=0;S=3;

//autre possibilité:M=zeros(n,n); M(i1,j1)=1
// au départ, la fourmi est placée (choix arbitraire) en milieu de grille. Elle regarde dans une direction arbitraire, ici vers le haut S=3.
Gcolor_map=hotcolormap (64);
// kiter est le nombre d'itérations id la valeur max de k
kiter=12000
c=0; // compteur affichage grille
g=gcf(); clf();
// en début de boucle la fourmi est sur la case I j réactualisée et avec le sens S réactualisé
for k=1: kiter
i=i1; j=j1; S1=S;
//nouvelle position fourmi
if M(I,j)==0 then M(I,j)=1
//la fourmi était sur une case 0 blanche qui va devenir 1 noire
//la fourmi était sur une case 0 id blanche donc elle doit tourner vers la droite
    if S1==3 then S=2; j 1=j+1; end
    //si elle regardait vers le haut, elle regardera vers la droite!
    If S1==2 then S=4; i1=i+1; end
    //si elle regardait vers la droite, elle regardera vers le bas!
```

```
        If S1==4 then S=1; j1=j-1; end
        //si elle regardait vers le bas, elle va regarder vers la gauche!
        If S1==1 then S=3; i1=i-1; end
        //si elle regardait vers la gauche elle va regarder vers le haut!
      Elseif M(I,j)==1 then M(I,j)=0
      //la fourmi était sur une case 1 noire qui va devenir blanche
        if S1==3 then S=1; j1=j-1; end
        //si elle regardait vers le haut, elle regardera vers la gauche !
        If S1==2 then S=3; i1=i-1; end
        //si elle regardait vers la droite, elle regardera vers le haut !
        If S1==4 then S=2; j1=j+1; end
        //si elle regardait vers le bas, elle regardera vers la droite !
        If S1==1 then S=4; i1=i+1; end
        //si elle regardait vers la gauche, elle regardera vers le bas !
    end;
    c=c+1
    if c==100 then M=100*M; clf(); Matplot(M); M=M/100; c=0 else
end;
    disp(k);
    end
    //fin du programme Scilab Fourmi de Langton.
```

Et le résultat :



~

Autre exemple d'application du jeu de la vie, canon à gliders (planeurs) :

```
//programme Scilab Jeu de la Vie
  n=50
  M0=zeros (n, n); M2=zeros (n, n); M1=zeros (n, n) ;
  clf
  gcolor_map=hotcolormap(64);
```

```
  //option ensemencement de la matrice remplie de 0 avec un canon à gliders (Gosper gun 1970).
  //premier bloc
  M2(6, 11) =1; M2(7, 11) =1; M2(8, 11) =1; M2(5, 12) =1; M2(9, 12)=1; M2(4, 13)=1;M2(4, 14) =1;
  M2(10, 13) =1; M2(10, 14) =1; M2(7, 15) =1;
  M2(5, 16) =1; M2(9, 16) =1; M2(6, 17) =1; M2(7, 17) =1; M2(8, 17) =1; M2(7, 18) =1
  //deuxième bloc
M2(4, 21) =1; M2(5, 21) =1; M2(6, 21) =1; M2(4, 22)=1; M2(5,22)=1; M2(6,22)=1; M2(3,23)=1;
  M2(7, 23) =1; M2(2, 25) =1; M2(3, 25) =1; M2(7, 25) =1; M2(8, 25) =1
  //stabilisateurs
  M2(6, 1) =1; M2(6, 2) =1; M2(7, 1) =1; M2(7, 2) =1
  M2(4, 35) =1; M2(4, 36) =1; M2(5, 35) =1; M2(5, 36) =1 ;
  // boucle du jeu de la vie
  g=gcf();
  kiter=110
```

```
// kiter est le nombre d'itérations prévues
//option ensemencement au départ d'une grille M0 n.n avec nb cases mises à 1, d désigne la densité de remplissage
//M0=zeros (n, n); M2=zeros (n, n); M1=zeros (n, n);
//d=0.2
//nb=int(d*n*n)
//remplissage au départ de nb cases de la matrice M1 avec la valeur 1
//while sum(M0) <nb
//u=rand (1); u=(n-1) *u; i=1+round(u)
//u=rand (1); u=(n-1) *u; j=1+round(u)
//disp (I, j);
//M0(I, j) =1; end
clf();
gcolor_map=hotcolormap(64);
// boucle du jeu de la vie
for k=1: kiter
M1=M2; V=zeros (n, n) ;
//dans la version ci-dessous toutes les cases M2 ne seront pas traitées par l'algorithme et elles doivent donc conserver la valeur initiale
//on prolonge la grille de telle sorte qu'une cellule de la 1ère ligne (ligne 1 colonne j) a pour voisin 'supérieur' la cellule (ligne n colonne j). La grille est ains refermée sur elle-même; idem pour la dernière ligne et les cellules des colonnes 1 et j).
//calcul du nombre de voisins des cellules de la première ligne
i=1
for j=2: n-1
V(I,j)=M1(n,j-
1)+M1(n,j)+M1(n,j+1)+M1(1,j+1)+M1(2,j+1)+M1(2,j)+M1(2,j-
1)+M1(1,j-1);end;

V(1,1)=M1(n,n)+M1(n,1)+M1(n,2)+M1(1,2)+M1(2,2)+M1(2,1)+M1(2,
n)+M1(1,n);
V(1,n)=M1(n,n-
1)+M1(n,n)+M1(n,1)+M1(1,1)+M1(2,1)+M1(2,n)+M1(2,n-1)+M1(1,n-
1);
// fin du calcul du nombre V de voisins des cellules I, j de la première ligne
```

```
 // actualisation de l'état des cellules avec les règles de mort, naissance
ou survie. La cellule est à l'état 0 ou 1
 i=1
 for j=1: n
   if M1(I,j)==0 & V(I,j)==3 then M2(I,j)=1;
     elseif M1(I,j)==1 & V(I,j)<>2 & V(I,j)<>3 then M2(I,j)=0; end;
// si la case était à 1 et qu'il y a soit 0 soit 4 ou 5 ou 6 ou 7 ou 8 voisins
la cellule meurt (une cellule en vie ne reste ne vie que dans les deux cas 2
et 3 voisins exclusivement)
 end
 // traitement de la dernière ligne
 i=n
 for j=2: n-1
 V(I,j)=M1(n,j-1)+M1(n-1,j-1)+M1(n-1,j)+M1(n-
1,j+1)+M1(n,j+1)+M1(1,j+1)+M1(1,j)+M1(1,j-1);
 end
 V(n,1)=M1(n-1,n)+M1(n-1,1)+M1(n-
1,2)+M1(n,2)+M1(1,2)+M1(1,1)+M1(1,n)+M1(n,n);
 V(n,n)=M1(n-1,n-1)+M1(n-1,n)+M1(n-
1,1)+M1(n,1)+M1(1,1)+M1(1,n)+M1(1,n-1)+M1(n,n-1);
 // traitement de l'état des cellules avec les règles de mort, naissance ou
survie. La cellule est à l'état 0 ou 1
 i=n
 for j=1: n
    if M1(I,j)==0 & V(I,j)==3 then M2(I,j)=1;
       elseif M1(I,j)==1 & V(I,j)<>2 & V(I,j)<>3 then M2(I,j)=0; end;
 // si la case était à 1 et qu'il y a soit 0 soit 4 ou 5 ou 6 ou 7 ou 8 voisins
la cellule meurt (une cellule en vie ne reste ne vie que dans les deux cas 2
et 3 voisins exclusivement)
 end
  //traitement de la colonne de droite de la deuxième à l'avant dernière
ligne
  j=n
  for i=2: n-1
 V(I,n)=M1(i-1,n-1)+M1(i-1,n)+M1(i-
1,1)+M1(I,1)+M1(i+1,1)+M1(i+1,n)+M1(i+1,n-1)+M1(I,n-1);
  end
  j=n
```

```
  for i=2: n-1
     if M1(I,j)==0 & V(I,j)==3 then M2(I,j)=1;
       elseif M1(I,j)==1 & V(I,j)<>2 & V(I,j)<>3 then M2(I,j)=0; end;
  end
  // fin traitement bord droit hors coins (actualisés dans la première et
la dernière ligne)
  // colonne de gauche de la deuxième à l'avant dernière ligne
  j=1
  for i=2: n-1
V(I,1)=M1(i-1,n)+M1(i-1,1)+M1(i-
1,2)+M1(I,2)+M1(i+1,2)+M1(i+1,1)+M1(i+1,n)+M1(I,n);
  end
  j=1
  for i=2:n-1
  if M1(I,j)==0 & V(I,j)==3 then M2(I,j)=1;
  elseif M1(I,j)==1 & V(I,j)<>2 & V(I,j)<>3 then M2(I,j)=0; end;
end
  // fin traitement bord gauche hors coins (actualisés dans la première
et la dernière ligne)
  // grille intérieure n-2 n-2
  for i=2: n-1
    for j=2: n-1
    V(I,j)=M1(i-1,j-1)+M1(i-1,j)+M1(i-
1,j+1)+M1(I,j+1)+M1(i+1,j+1)+M1(i+1,j)+M1(i+1,j-1)+M1(I,j-1);
    end
  end
  // fin traitement de la grille n-2 n-2
  for i=2: n-1
     for j=2: n-1
       if M1(I,j)==0 & V(I,j)==3 then M2(I,j)=1;
         elseif M1(I,j)==1 & V(I,j)<>2 & V(I,j)<>3 then M2(I,j)=0; end;
     end
  end
  //affichage
  M2=100*M2
  // si on ne gardait que des zéros et 1 dans la matrice, on ne verrait que
du noir avec hotcolormap (64)
```

```
  //on veut maintenant faire apparaître les cellules vivantes en blanc sur
fond noir
  clf()
  Matplot(M2)
  M2=M2/100
  //pour retrouver une grille de 0 et de 1
  end
  //c'est le end de la boucle for k définissant le nombre d'itérations
  //fin programme Scilab Jeu de la vie.
```

~

l'univers

Principe d'unicité
Entropie, généralités
Entropie et intrication
Dualité temps-énergie
Couplage et spectre énergétique
Entropie et couplage
Principes d'action stationnaire
Principe de flux stationnaire
Principe de conservation de l'énergie
Principe d'harmonie
Quelques visions du monde
Sur l'univers, genèse, dimensions
Résonance

~

principe d'unicité

Il est temps d'oublier la vision dualiste distinguant esprit et matière. La Nature est une. Les transformations de l'univers perçues par l'homme s'inscrivent dans le processus de retour à l'équilibre, de réinsertion dans le milieu initial. Leur modélisation est possible avec les mathématiques. En revanche, si toutes les transformations de la Nature peuvent être modélisées, toutes les théories mathématiques n'ont pas forcément uen application dans l'univers où nous vivons.

Si l'on admet que la physique peut modéliser, mathématiser tous les phénomènes de l'Univers, la conscience ne doit pas y échapper. Il est temps de renoncer, ce qu'ont déjà fait beaucoup de physiciens et de biologistes contemporains, à la vision dualiste de l'esprit et de la matière de René Descartes.

~

Entropie, généralités

Entropie thermodynamique S : la variation d'entropie sur un chemin $A \rightarrow B$ réversible s'écrit $\Delta S = \int_{A \rightarrow B} dQ/T$, Q étant la quantité de chaleur (cette formule permet une mesure macroscopique de l'entropie, interprétation par Clausius des résultats de Carnot). Un chemin réversible est une succession d'états d'équilibre infinitésimaux (il n'y a pas de perte d'énergie si bien que l'on peut retrouver tous les états antérieurs si l'on inverse le processus). S est une fonction des grandeurs macroscopiques habituelles (pression P, température T, volume V). En pratique il y a toujours des pertes si bien que les transformations sont de type irréversible.

Principe d'entropie croissante : l'entropie S d'un système thermodynamique doit obligatoirement croître (seconde loi de la thermodynamique, la première étant celle de la conservation d'énergie pour un système isolé). Si un système en cours de transformation échange de l'énergie avec l'extérieur on a $\Delta S(\text{système}) + \Delta S(\text{extérieur}) > 0$. Cette situation se recontre couramment dans le cas des choses vivantes (le système cellule prélève de l'énergie dans son environnement).

Dans le cas particulier d'un système thermodynamique isolé, autrement dit qui n'échange aucune énergie, aucun travail, aucune chaleur avec l'extérieur d'échanges d'énergie, chaleur, travail avec l'extérieur), la loi de conservation de l'énergie ne suffit pas à décrire l'évolution du système. Entre deux évolutions différentes possibles respectant la conservation de l'énergie, c'est le principe d'entropie croissante qui va décider lequel va réellement se produire. De la même manière, en Mécanique, c'est le principe de moindre action qui décide du chemin $A \rightarrow B$ emprunté, et non pas la seule la condition de conservation de l'énergie.

Si $T \rightarrow 0°K$, alors $S \rightarrow 0$.

Expression statistique de l'entropie thermodynamique : la physique statistique (Maxwell-Boltzmann) permet de retrouver l'entropie S avec la formule $S = - k_B.\Sigma P_i.\ln P_i$, les P_i. désignant les probabilités des états microscopiques d'énergies E_i que peuvent prendre les diverses choses constituant le système (molécules dans le cas d'un gaz, électrons, bosons, …). Dans l'hypothèse dite microcanonique, tous les états microscopiques (au nombre de Ω) sont supposés avoir la même probabilité, si bien que $P_i = 1/\Omega$ ce qui conduit à $S_B = k_B.\ln \Omega$. Pour un système isolé, cette hypothèse de distribution uniforme des états rend S_B maximale.

Entropie et théorie de l'information : l'information sur une chose doit en principe inclure la description jusqu'au niveau le plus infime de la manière dont elle est construite. En pratique, on s'intéresse en général à un aspect particulier, par exemple la distribution énergétique des éléments d'une population de particules. La théorie de l'information a été développée au départ pour résoudre des questions de transmission d'information d'une source à un récepteur. Il s'agissait de comprendre comment une information globale émise par la source sous forme de messages partiels m_i pouvait être reconstituée le plus fidèlement possible au niveau du récepteur. Cela devait permettre d'économiser le nombre de messages codés envoyés par la source et e n conséquence permettre la transmission d'un minimum de signaux dans un même canal de communication.

Considérons une source d'information émettant des messages m_1, m_2, m_3, … (toutes sortes de signaux tels que lettres, mots, bits, symboles, pictogrammes ou associations diverses). On observe que ces messages sont émis par cette source avec les probabilités respectives P_1, P_2, P_3, … (par exemple, dans un texte, ou dans un discours, certains mots apparaissent plus souvent que d'autres). On attribue à chaque message m_i une information $I_i = - \log_2 P_i$. Par conséquent, si $P_i=1$, alors $I_i=0$ et plus P_i est faible, plus l'information est grande (être bien informé revient à être surpris par l'arrivée d'un message m_i rare !).

On appelle entropie de la source la somme $H=\Sigma P_i.I_i=- \Sigma P_i.\log_2 P_i$. L'unité d'entropie est le bit. Si l'on considère une source émettant un message m1 (par exemple bit 0) et un message m2 (par exemple bit 1) avec la même probabilité 1 / 2, alors H= 1.

Von Neumann's advice to Shannon as to what to call entropy the function $- \Sigma p_i.\log p_i$:

You should call it 'entropy' and for two reasons: first, the function is already in use in thermodynamics under that name; second, and more importantly, most people don't know what entropy really is, and if you use the word 'entropy' you will win every time!'

Ce que dit Wikipedia à propos de la théorie de l'information : une caractéristique majeure de la théorie de Shannon est de donner à la notion d'information (telle que définie par cette théorie) un statut physique à part entière. Effectivement, l'information acquiert les caractères fondamentaux de toute réalité physique organisée : abandonnée à elle-même, elle ne peut évoluer que dans le sens de sa désorganisation, c'est-à-dire l'accroissement de l'entropie thermodynamique. L"information subit, dans ses transformations (codage, transmission, décodage, etc.), l'effet irréversible et croissant de la dégradation de même que les pertes d'énergie se produisent dans les chemins A → B irréversibles de la thermodynamique.

Ordre et entropie thermodynamique S_B : la mise en ordre d'un système s'accompagne d'une décroissance de son entropie thermodynamique. Il n'y a pas de paradoxe car si l'entropie du système décroit c'est dû à une diminution de son énergie (exxemple : on baisse expérimentalement la température d'une population de spins pour les aligner). Si l'on considère l'entropie globale du système et des son environnement, elle augmente bien.

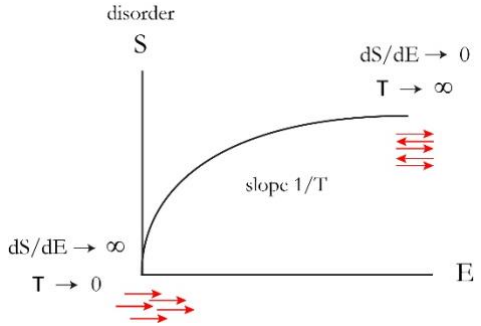


Illustration : température et variation d'entropie magnétique / la relation

dS=dE/T montre qu'à très basse température (ce qui est la cas du bain primordial au sein duquel germent les univers), une toute petite fluctuation d'énergie dE peut entraîner une variation considérable de S autrement dit une modification radicale dans l'état d'ordre des spins. / dans la fiction, au sein du bain primordial proche du zéro absolu, une toute petite fluctuation locale peut enrtaîner un gigantesque désordre, c'est ce qui se passe dans la fiction, lors de l'ouverture de l'univers de Joy / dS/dt peut servir à caractériser la rapidité du retour à l'ordre d'un système désordonné.

Ordre et température : on constate expérimentalement en physique que les états les mieux organisés (ordonnés) s'observent à basse température. Plus précisément, l'équation dS=dE/T, S étant l'entropie thermodynamique, montre que la température caractérise la manière dont l'entropie d'un système évolue quand il reçoit de l'énergie E. Plus la température T est basse et plus un même apport d'énergie est efficace pour ordonner un système. À l'inverse, plus la température est élévée et plus il faut apporter d'énergie pour obtenir le même accroissement de désordre, donc d'entropie thermodynamique). À basse température, un très petit apport d'énergie peut bouleverser l'ordre d'un système. Dans le modèle d'univers de la fiction, une toute petite fluctuation peut détruire localement l'ordre primordial du Tout, T*, la Matrice de toutes choses (un dE très élevé crée un dS important, id un désordre local suffisant pour amorcer le processus de chaos faisant naître un univers).

Au tout début de l'histoire de notre univers, l'expansion et la diminution de température ont créé des brisures de symétrie dans les lois de la physique (voir wikipedia transitions de phase, phase transition) avec en particulier la séparation de la matière et de l'antimatière.

Dans le cas du magnétisme, des spins peuvent alors basculer rapidement de l'état désordonné à l'état ordonné ou l'inverse sous l'effet d'une faible variation de température. L'état ordonné implique une plus grande quantité de couplages de brins élémentaires que l'état désordonné.

Enthalpie libre de Gibbs G : la fonction thermodynamique G=U+PV-TS est utilisée pour décrire les équilibres chimiques à T et P données. On peut montrer que $\Delta G_{T,P} = - T.S_{créée}$. Comme l'entropie thermodynamique ne peut qu'augmenter, il en résulte que l'enthalpie

libre du système chimique réactionnel ne peut que diminuer, $\Delta G_{T,P} < 0$. Ce principe est donc une conséquence du principe d'entropie croissante.

~

à propos de $\delta\{.\sum p_i.\ \ln(p_i)\}=0$

Entropie et terme $\sum p_i.\ln(p_i)$: la plupart des démonstrations commencent aujourd'hui par la phrase **à l'équilibre, l'entropie thermodynamique $S=-k_B.\ \sum p_i.\ln(p_i)$ doit être maximum** (cette remarque est valable à la fois pour l'entropie d'information H et l'entropie thermodynamique). Mais d'où vient cette condition $\delta\{.\sum p_i.\ \ln(p_i)\}=0$?

Dans la statistique dite de Maxwell-Boltzmann, le nombre des configurations possibles pour N particules pouvant se trouver dans l'état Ei sachant que la dégénerescence de l'état est gi s'écrit

$$w_{MB}=N\ !.\Pi(g_i^N/N_i\ !)$$

Dans le cas gi=1 pour toutes les valeurs de i, le nombre des configurations s'écrit $w=(N\ !)/(N_1\ !)/\ (N_2\ !)/\ \ldots\ (N_i\ !)/\ \ldots$ Cherchons quelles seraient les conséquences de l'hypothèse $\delta(w)=0$. Cette condition $\Rightarrow$ aussi $\delta\ln(w)$ id $\delta(w\ )/w=0$ ce qui implique $\delta\ \{\ \ln[(N\ !)/(N_1\ !)/\ (N_2\ !)/\ \ldots\ (N_i\ !)/\ \ldots]\}= 0$ ou encore $\delta\ \{\ln(N_1\ !)\ +\ \ln(N_2\ !)+\ \ldots\ \ln(N_i\ !)+\ \ldots]\}= 0$ puisque $\ln(a/b)=\ln(a)-\ln(b)$ et $\delta\ \{\ \ln[(N\ !)\}=0$.

Les Ni étant des nombres très grands, on peut utiliser les approximations de Moivre-Stirling :

$$n\ !\sim C.\ n^{n+1/2}.e^{-n}\ \text{(A. de Moivre)}$$
$$\text{ou } \ln(n\ !)\sim n.\ln(n)-n+(1/2).\ln(2\pi.n)+\varepsilon(n)\ \text{(J. Stirling).}$$

En pratique on peut même utiliser sans trop d'erreurs la formule simplifiée $\ln(n\ !)\sim n.\ln(n)-n$ si bien que l'on obtient :

$$\text{on en déduit aussi : } \delta\ln(n\ !)\ \approx\ \ln(n).\ \delta n$$

$$\delta w_{MB} = -\sum \ln(N_i).\ \delta N_i = 0$$

à remarquer que $\delta \sum p_i.\ \ln(p_i) = 0 \Leftrightarrow \delta \sum N_i.\ \ln(N_i) = 0 \Leftrightarrow \sum \ln(N_i).\ \delta N_i$

La condition $\delta \sum p_i.\ \ln(p_i) = 0$ apparait ainsi comme la conséquence d'une part des approximations statistiques découlant du fait que les Ni sont des nombres très grands, d'autre part du postulat fondamental de la physique statistique qui stipule que pour un système isolé, à l'équilibre, tous les états microscopiques ont même chance de survenir., enfin du fait que $\sum p_i.\ \ln(p_i)$ est maximum à l'équiprobabilité ($p_1 = p_2 = \ldots = p_i = p_N$).

~

Application, gaz de bosons : on va utiliser l'expression du nombre des complexions, les approximations statistiques et la méthode des multiplicateurs de Lagrange (qui permet d'introduire les contraintes dans la recherche de l'extremum de w). Les contraintes sont $\sum N_i = 0$ et $\sum N_i.E_i = E_{total}$.

$$W = \Pi\{(N_i + g_i - 1)\ !/(g_i - 1)\ !/N_i\ !\}$$

$$\delta(w) = 0 \Rightarrow \delta \ln(w) = 0$$

en tenant compte de $\delta \ln(n\ !) \approx \ln(n).\ \delta n$, on obtient :

$$\delta(w) = \sum \ln(Ni + gi - 1).\ \delta Ni - \ln(gi - 1).\ \Delta gi - \ln(Ni).\ \delta Ni \approx 0$$

dans le cas particulier où les
les gi peuventt être considérés comme donnés (fixés), il reste :

$$\delta(w) = \sum \ln[(Ni + gi - 1)/Ni].\ \delta Ni \approx 0$$

ou encore $\mathbf{\delta(w) = \sum \ln[(Ni + gi)/Ni].\ \delta Ni \approx 0}$ puisque Ni>>1

La méthode de Lagrange consiste à tenir compte des deux contraintes $\sum N_i = 0$ et $\sum N_i.E_i = E_{total}$ par l'introduction de deux multiplicateurs notés ici α et β :

$$\sum\{\ln[(Ni+gi)/Ni]+ \alpha -\beta.Ei\}. \delta Ni \approx 0$$

On en déduit :

$$Ni \approx gi/[constante/[\exp(\beta.Ei)-1]$$

Cetle loi de distribution énergétique est appelée distribution de Bose_Einstein

Enfin, le calcul des grandeurs macroscopiques à partir de ce modèle statistique conduit à assimiler β à $1/kT$ (T température thermodynamique)

~

entropie et intrication

Entropie et intrication quantique : quand deux choses A et B pouvant se présenter dans divers états physiques ont été intriquées (tels les photons dans l'illustration ci-dessus), les mesures sur les objets A et B, aussi éloignés soient-ils, font apparaître une corrélation entre les états mesurés de ces deux objets. Cet effet 'fantôme' pour reprendre le mot d'A. Einstein (on entre en effet dans un sujet qui rejoint le paranormal) n'est pas dû à la transmission à B d'une information en provenance de A ou vice-versa. Pour le vérifier, on doit faire des mesures simultanément ou au minimum dans un intervalle de temps $\Delta t <$ distance AB/ vitesse de transmission de l'information de manière à exclure la possibilité d'une transmission d'information de A vers B qui pourrait expliquer la corrélation expérimentalement observée entre les états de A et B (pour des photons distants de 3000 km, $\Delta t < 3000/300000 = 1$ milliseconde).

Nicolas Gisin (université de Genève) : quand on 'touche' un objet d'une paire d'objets intriqués, le deuxième tressaille, malgré la distance

Un effet prédit par la mécanique quantique : on n'est pas dans le paranormal ! Le cadre mathématique du formalisme quantique habituel permet bien de prédire le phénomène d'intrication. A. Einstein, contrairement à N. Bohr, refusait d'admettre que le phénomène puisse faire abstraction d'une forme de communication entre A et B (tel que le couplage par un champ EM). Il pensait que le formalisme standard était incomplet et qu'il devait y avoir des variables cachées, à découvrir pour compléter les équations de la mécanique quantique. Cela voudrait en particulier dire que la forme exponentielle complexe habituelle d'une onde progressive $\exp[i\omega(t-x/c)]$, utilisée dans l'équation de Schroedinger, devrait être complétée par un autre terme prenant en compte un effet mémoire (le souvenir de la rencontre de A et B). La question a été tranchée, il n'y a pas de transmission d'information de proche en proche dans le milieu séparant A et B. (voir à ce propos sur wikipedia : inégalités de Bell, expériences de Clauser en 1972, expériences d'A. Aspect 1980-

82. Ces dernières montrent que les inégalités de Bell ne sont pas respectées et que l'hypothèse dite de non-localité doit être retenue dans le phénomène d'intrication. Selon le principe de localité, deux objets distants A et B ne peuvent pas s'influencer instantanément).

Comment intriquer deux photons, développements expérimentaux : les premières ont été menées sur des photons mais le phénomène d'intrication ne concerne pas que des choses quantiques. On a en effet montré en 2017 que l'on pouvait intriquer plusieurs millions d'atomes appartenant à un même cristal (universités de Genève et Calgary. Parmi les applications de l'intrication quantique, on peut citer la cryptographie quantique et la téléportation. A désigne la source d'un signal crypté, B étant le récepteur. Tous deux sont des choses quantiques, si bien qu'en faisant une mesure sur B, le résultat n'est pas prédéterminé (on ne peut pas prévoir lequel des n états possibles de B va apparaître). En revanche, ce résultat est corrélé avec l'état de A au même instant. Impossible pour un espion de surveiller une quelconque voie de communication, un quelconque canal de transmission, il n'y en a pas !

L'intrication quantique devrait amener une deuxième révolution quantique sur le plan technologique avec téléportation, cryptage et calcul quantique. La première avait entre autres introduit les circuits intégrés et les lasers.

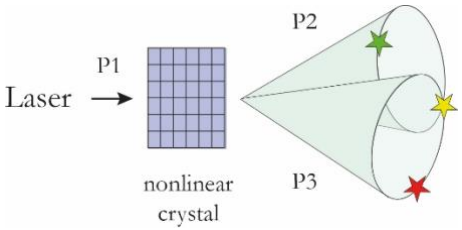


Illustration : production d'une paire de photons intriqués / un faisceau laser bombarde un cristal avec des photons P1 / la non-linéarité du cristal dédouble le photon P1 d'entrée en deux photons P2 (polarisation verticale) et P3 (polarisation horizontale) d'énergie moindre et contenus dans les deux faisceaux visualisés. À l'intersection des cônes, position jaune, on ne peut pas attribuer sûrement un des deux photons au faisceau P2 plutôt qu'au faisceau P3. Les deux photons concernés forment un système quantique unique avec une superposition des deux états de polarisation.

Attention que pour les physiciens, l'intrication n'est pas une interaction (ce mot est réservé à des effets nécessitant la propagation d'une grandeur ou information entre deux particules ou systèmes A et B à travers le milieu les séparant). Dans le phénomène d'intrication, deux particules ou plus généralement deux systèmes qui se sont rencontrés ressentent instantanément une fois séparés une modification de l'un des deux, ceci quel que soit leur éloignement. Les physiciens parlent alors de **corrélation.**

Quand deux systèmes initialement non-corrélés interagissent, $S(\varrho_A(t)) + S(\varrho_B(t)) \geqslant S(\varrho_A(0)) + S(\varrho_B(0)$.

L'apparition d'une intrication non nulle entre A et B présente ainsi une certaine similtude avec le second principe puisque La somme des entropies des deux parties A et B ne peut qu'augmenter (une forme du second principe de la thermodynamique ! Notre ignorance sur l'état du système augmente). Elle correspond à une perte d'information locale. L'information perdue se retrouve dans les corrélations entre A et B.

~

Dualité temps-énergie

Les choses de la Nature se déforment, transforment sans cesse. Dans le processus de retour à l'équilibre de notre univers, la forme f(t) adoptée par une chose donnée peut être considérée comme un signal qui varie avec le temps et contient de l'information, en particulier la manière dont est utilisée l'énergie affectée à cette chose. Le signal f(t) dépend de l'agencement instantané des N brins constitutifs (associés eux-mêmes en particules, atomes, molécules, cristaux, … Selon le type de couplage ou d'interaction, le degré de mise en ordre, le fait que des choses soient ou non intriquées, le spectre de fréquence associé va varier.

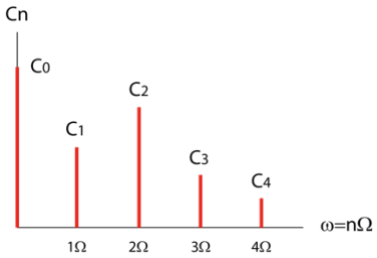
L'analyse d'un signal f(t) dépendant du temps peut se faire en utilisant une décomposition en série ou une transformée de Fourier faisant apparaître une distribution de vibrations élémentaires de fréquences $\nu=\omega/2\pi$. Le spectre de vibration A(ω) indique alors de manière détaillée comment l'énergie E est utilisée, quelles sont les importances relatives des composantes vibratoires de basse ou haute fréquence, comment la durée du signal f(t) est reliée à la largeur du spectre, comment l'énergie peut être calculée à partir des amplitudes des signaux de divers ω et bien d'autres détails qui contribuent à accroître l'information que nous avons sur la chose considérée.

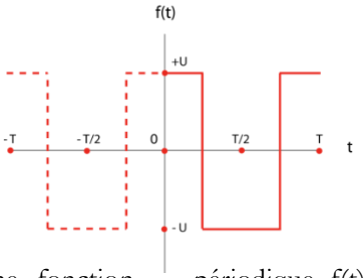
Cas d'une fonction périodique $f(t)=f(t+nT)$, $n=1, 2, \dots$, $\Omega=2\pi/T$
(décomposition en série de Fourier)

$$f(t)=c_0+\sum_{1\to\infty}[a_n.\cos(n\Omega t)+b_n.\sin(n\Omega t)]=c_0+\sum_{1\to\infty} c_n.\cos(n\Omega t+\Psi_n)$$

$$a_n=(2/T).\int_{0\to T} f(t).\cos(n\Omega t).dt,\ b_n \text{ idem avec } \sin(n\Omega t)$$

$$c_0=(1/T).\int_{0\to T} f(t).dt=<f>,\ c_n^2=a_n^2+b_n^2$$



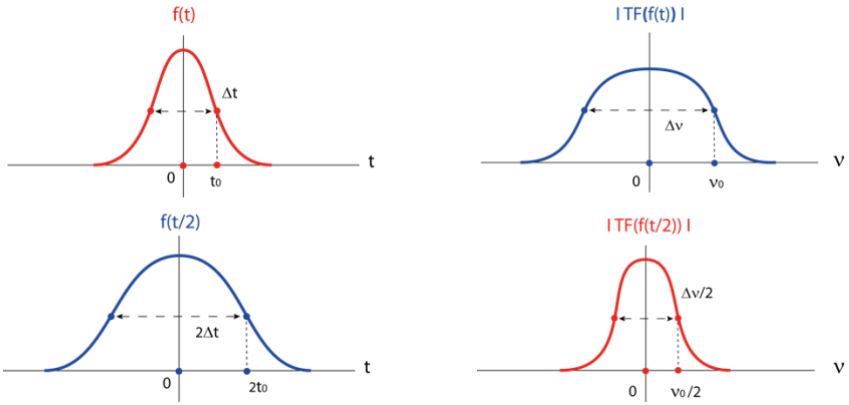


Illustrations : spectre de fréquences d'une fonction périodique f(t) quelconque / pour la fonction créneaux représentée, on a :

$$f(t)=(4U/\pi).[\cos(\Omega t)-(1/3).\cos(3\Omega t)+(1/5).\cos(5\Omega t)-(1/7).\cos(7\Omega t)+ ...]$$

cas d'une fonction f(t) non périodique
(transformée de Fourier TF(ν))

$$f(t) \rightarrow TF(\nu)=\int_{-\infty+\infty} f(t)\exp(-2i\pi\nu t).dt, \quad f(t)=(1/2\pi).\int TF(\omega).\exp(j\omega t).d\omega$$



Illustrations : TF comparées de t → f(t) et de t → f(t/2)

Plus un signal est durable dans le temps, plus son spectre de fréquence est étroit,
Plus un signal est bref et plus son spectre de fréquence est large.

Effet d'échelle : $TF[f(t/\lambda)]=\mathbf{module(\lambda).}\int_{-\infty+\infty} f(t)\exp(-2i\pi\ \boldsymbol{\lambda\nu}\ t).dt$

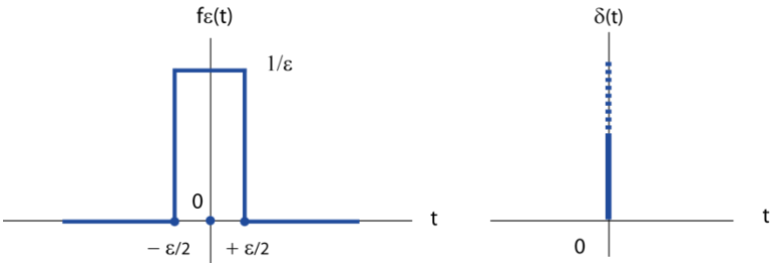


Illustration : fonction de Dirac $\delta = \lim_{\varepsilon \to 0} [f(\varepsilon)]$ / la surface sous f(ε) reste égale à 1 / le spectre de δ(t) est égal à 1 (un signal de durée nulle a une largeur spectrale infinie).

Le spectre d'un signal sinusoidal (durée infinie) de fréquence ν_0 se réduit à une seule raie placée en $\nu = \nu_0$. (pour qu'un instrument de musique puisse produire un son pur sur une fréquence, il faut qu'il fonctionne assez longtemps, diapason par exemple).

On peut aussi rapprocher cette observation (si durée du signal ↑, alors largeur de bande du spectre ↓) de la relation d'incertitude d'Heisenberg. La largeur du paquet d'énergie d'un signal dans le temps est inversement proportionnelle à sa largeur dans l'espace des fréquences. On ne peut pas connaître avec une égale précision la position dans le temps et en fréquences d'un signal.

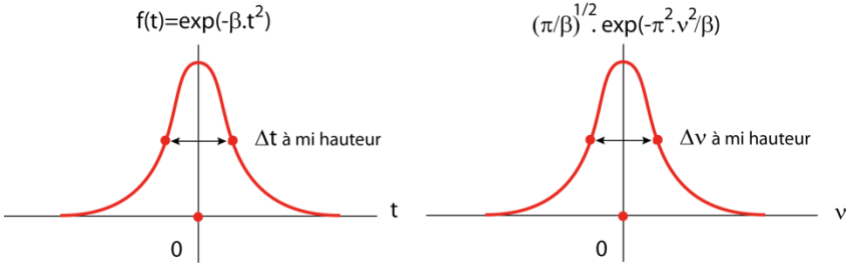


Illustration : fonction de Gauss / la transformée de Fourier est aussi une gaussienne / largeurs à mi-hauteur : $\Delta t = 2\sqrt{\ln(2)}/\sqrt{\beta}$, $\Delta\nu = 2\sqrt{\ln(2)}/\sqrt{\beta}/\pi$, $\Delta t.\Delta\nu = 4\ln(2)/\pi$.

En **musique**, c'est le **timbre** qui prend en compte l'**importance**

des harmoniques du son musical. Deux instruments différents peuvent jouer la même note (même fréquence fondamentale), et émettre avec des timbres différents (même fondamental pour deux instruments, mêmes harmoniques mais amplitudes différentes pour l'harmonique i de fréquence i.ω quand on passe d'un instrument à l'autre.

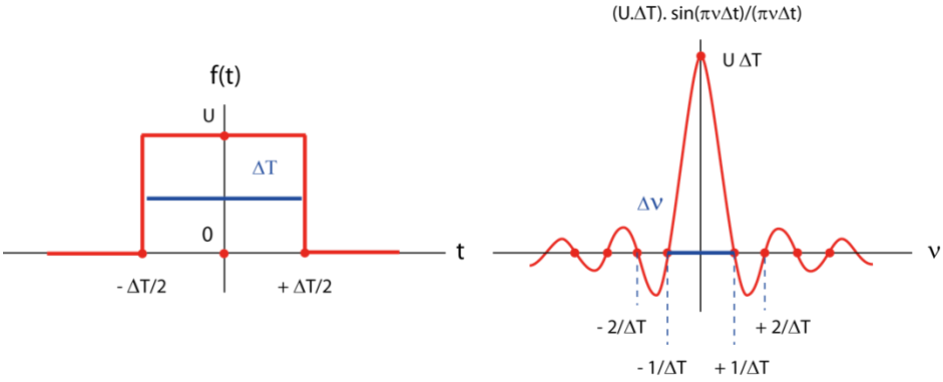


Illustration : fonction fenêtre (U, ΔT) / la transformée de Fourier est du type sin(x)/x, (→ 1 quand x → 0) / ΔT. Δν = 2.

Evaluation de l'énergie : l'énergie du signal, plus précisément la moyenne effectuée sur une période, la puissance $E=(1/T).\int_{0\to T}|f(T)|^2.dt$, peut se calculer à partir des amplitudes des composantes du spectre, $E=\sum_{-\infty\to+\infty}.|cn|^2$.

Quelques formules supplémentaires :

f(t) → transformée de Fourier TF(…)=F(ν)

$f(t-t_0) \to F(\nu)=\exp(-i2\pi\nu t_0).F(\nu)$

$\exp(+i2\pi\nu_0 t).f(t) \to F(\nu-\nu_0)$

f'(t)=dérivée première de f(t) par rapport à t

f '(t) → i2πν.F(ν)

$f^{(p)}(t)$=dérivée d'ordre p de f(t) par rapport à t

$f^{(p)}(t) \to (i2\pi\nu)^p.F(\nu)$

F'(ν)=dérivée première de F(ν) par rapport à ν

F'(ν)=TF[-i2πt.f(t)]

$F^{(p)}(\nu)$=dérivée d'ordre p de F(ν) par rapport à ν

$F^p(\nu)=TF[(-i2\pi t)^p.f(t)]$

TF d'une Gaussienne : $f(t)= \delta^{-1/2}.\exp(-\pi t^2/\delta) \rightarrow F(\nu)=\exp(-\pi\delta\nu^2)$ $\delta>0$

$\int_{-\infty+\infty} \exp(-\pi x^2).dx=1$

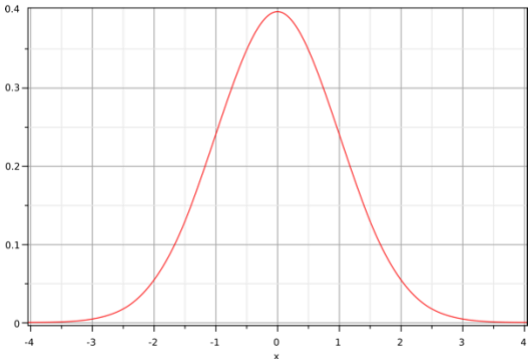


Illustration : source Wikipedia, Gaussienne / $f(x)=(\sigma.\sqrt{2\pi})^{-1}.\exp[(x-\mu)^2/2\sigma^2]$ pour une courbe centrée en x= μ (μ=0 sur la figure) / $\sigma.\sqrt{2\pi} \leftrightarrow \sqrt{\delta}$ correspondance avec la notation ci-dessus / largeur à mi-hauteur $2.\sqrt{(2.\ln 2)}.\sigma$, voisin de 2,3548.σ

On a vu plus haut que plus un signal est étalé et plus son spectre de fréquence est étroit. Il n'est pas possible de 'rétrécir' les deux à la fois. Le produit des moments d'ordre 2 de $|f(t)|^2$ et $|F(\nu)|^2$ doit satisfaire la condition :

$$[\int_{-\infty+\infty} t^2.|f(t)|^2.dt\ ].[\int_{-\infty+\infty} \nu^2.|F(\nu)|^2.d\nu\ ] \geq 1/(16\pi^2)$$

L'égalité est obtenue dans le cas d'une fonction Gaussienne centrée en t=0.

~

Couplage et spectre énergétique

Le couplage de deux signaux conduit aussi **à un élargissement du spectre**. On en a donné un exemple en électronique (repère_item couplage de deux circuits RLC en électronique). Prenons un autre exemple :

La transformée de Fourier de $\cos(\Omega t)=\cos(2\pi\nu t)$ s'écrit :

$$TF[t\rightarrow\cos(2\pi\nu t)]=(1/2).[\delta(\nu-\Omega)+\delta(\nu+\Omega)]$$

(on a utilisé la relation $\cos(\Omega t)=(1/2).[\exp(+i\Omega t)+\exp(-i\Omega t)]$)

Le spectre est donc constitué de deux raies symétriques en $\nu=-\Omega$ et $\nu=+\Omega$ (seules les raies $\nu>0$ ont une signification physique).

Considérons alors deux signaux de ce type, de fréquences respectives Ω_1 et Ω_2 et non couplés. Le spectre de la combinaison linéaire $a.\cos(\Omega_1 t)+ b.\cos(\Omega_2 t)$, avec par exemple ici $\Omega_1 > \Omega_2$, sera constitué de quatre raies $\nu=-\Omega 1$, $\nu=-\Omega 2$, $\nu=+\Omega 2$, et $\nu=+\Omega 1$. Il n'y a pas d'élargissement en fréquence du spectre global par rapport aux signaux constitutifs.

Supposons maintenant que les deux **signaux** de fréquences $\boldsymbol{\Omega_1}$ et $\boldsymbol{\Omega_2}$ soient couplés. Pour cela **on introduit une non-linéarité**, par exemple en prenant le produit des deux signaux (ce serait fait en électronique avec un multiplieur tel que ceux utilisés dans les dispositifs de modulation). On peut écrire

$$\cos(\Omega_1 t).\cos(\Omega_2 t) = (1/2).[\cos(\Omega_1 + \Omega_2)t + \cos(\Omega_1 - \Omega_2)t]$$

Le spectre est donc cette fois constitué de de quatre raies $\nu=-(\Omega 1+\Omega 2)$, $\nu=-(\Omega 1-\Omega 2)$, $\nu=+(\Omega 1-\Omega 2)$, et $\nu=+(\Omega 1+\Omega 2)$. Le **spectre** a bien été **élargi par le couplage**.

Circuits résonnants LC couplés : le couplage de plusieurs circuits résonnants centrés sur la fréquence angulaire ω_0 (la fréquence de résonance de chacun d'entre eux quand ils sont éloignés les uns des autres) a pour effet d'élargir le spectre de fréquence. Au lieu d'une seule fréquence ω_0, on obtient une distribution de fréquences (caractérisée en électronique par la bande passante). Imaginons que ces circuits soient reliés à des antennes : alors quand les circuits sont suffisamment éloignés pour ne pas être couplés, le système va rayonner des ondes à la fréquence ω_0. En revanche, quand tous les circuits sont couplés alors toute une gamme de fréquence va rayonner. La source est bien plus riche en information (et en conséquence peut paraître comme plus difficile à mesurer).

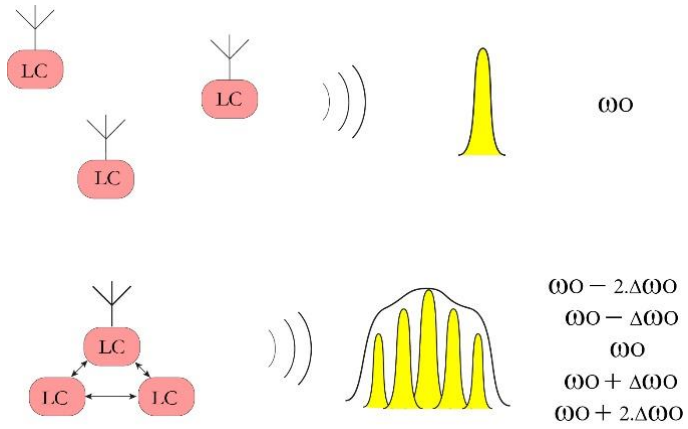


Illustration : rayonnement d'un système de circuits non couplés ou couplés de même fréquence de résonance ω_O. Quand les circuits sont couplés, l'antenne émét un signal de bande constitué (de manière en fait ici reconstitué de manière approximative) des fréquences ω_O-2.$\Delta\omega_O$, ω_O-$\Delta\omega_O$, ω_O, ω_O+$\Delta\omega_O$, ω_O+2.Δ ω_O, avec des amplitudes A(ω) relatives 2 /3 , 3/4 et 1.

Définissons $\mathcal{H}$ = = - Σ A(ω).$\log_2$ A(ω). Alors, $\mathcal{H}$ = - {(2/3).$\log_2$ (2/3) + (3/4).$\log_2$ (3/4)+ 1. $\text{Log}_2$1+(3/4).$\log_2$ (3/4)+ 2/3).$\log_2$ (2/3) }, soit encore $\mathcal{H}$ =1.4

Lorsque les circuits sont éloignés et non couplés, le signal est rayonné sur la

seule fréquence ω_O et donc $\mathcal{H}=0$.

$$\mathcal{H}_{\text{circuits couplés}} > \mathcal{H}_{\text{circuits non couplés}}$$

$\mathcal{H}$ pourrait donc servir à mesurer le niveau de couplage. Dans la réalité, on doit remplacer la somme discrète Σ par une somme continue prenant en compte le spectre de fréquence $\int A(\omega).d\,\omega$. On peut aussi considérer les carrés des amplitudes que $\int |A(\omega)|^2.d\,\omega$.

On pourrait voir un paradoxe dans cette affaire si l'on confond couplage et ordre : le fait de coupler les circuits compromet leurs chances d'émettre tous sur la fréquence ω_O autrement dit d'être ordonnés du point de vue de la fréquence propre émise. L'état d'ordre correspondrait alors aux circuits éloignés l'un de l'autre et non pas couplés, $\mathcal{H}=0$. Le couplage serait générateur de désordre, $\mathcal{H}=1{,}4$ dans notre exemple, car il multiplie les composantes de fréquences du système.

La construction des édifices atomiques, cristallins se fait à l'aide de couplages qui ont pour résultat d'élargir la distribution de fréquence et donc d'énergie. Ceci n'est pas en contradiction avec la tendance de la matière (orbitales, probabilité de présence) à occuper le plus de place possible dans l'édicie considéré.

~

entropie et couplage

Ordre, couplage, corrélation et entropie : selon le principe d'entropie, lorsqu'on passe d'une situation de désordre à une situation plus ordonnée, l'entropie thermodynamique décroît. À l'inverse, lorsqu'on passe d'un état ordonné à un état désordonné, on observe une croissance de l'entropie. **Lors de la mise en ordre d'un système : E↓, S↓ et ΔA(ν)↑**. On gagne en énergie, l'entropie S diminue, la bande de fréquence s'élargit, un apport d'énergie créera du désordre

Qand il y a interaction de deux systèmes Θ et Γ d'entropies thermodynamiques S1 et S2, à l'état d'équilibre final, l'entropie S du système global (Θ + Γ) est telle que $S \leq S1+S2$.

Démonstration de $S \leq S1+S2$: considérons deux systèmes Θ et Γ susceptibles d'être en interaction / chaque système peut être dans plusieurs états notés i pour Θ et j pour Γ / s'il y a interaction, le fait que Θ soit dans un état i peut influer sur la possibilité pour Γ d'être dans l'état j / pi désigne la probabilité pour que Θ soit dans l'état i quel que soit l'état j de Γ/ pj désigne la probabilité pour que Γ soit dans l'état j quel que soit l'état i de Θ / pij désigne la probabilité globale (ou totale) pour que Θ soit dans l'état i et Γ dans l'état j / p(i/j) est la probabilité conditionnelle pour que Θ soit dans l'état i sachant que Γ est dans l'état j / on a bien sûr $pij=p(i/j).pj = p(j/i).pi$ / $\Sigma_j p(j/i)=1 \Rightarrow \Sigma_j pij=pi$ / **Cij=pi.pj/pij** caractérise la **corrélation entre Θ et Γ** / si les **systèmes** sont **indépendants**, alors $p(i/j)=pi$ et $p(j/i)=pj$ et donc $pij=pi.pj \Rightarrow$ **Cij=1.**

L'entropie thermodynamique est $S=-k_B.\Sigma_{ij}\ pij.\ln(pij)$ / les entropies des systèmes **Θ** et **Γ** indépendants sont respectivement $S1=-k_B.\Sigma_i\ pi.\ln(pi)$ et
$S2=-k_B.\Sigma_j\ pj.\ln(pj)$ / $S1+S2 - S= -k_B.\Sigma_{ij}\ pij.\ln(pi.pj/pij)$ / utilisons maintenant la relation $x-1-\ln x \geq 0$ quand $x>0$ et avec $x = pi.pj/pij$ /il vient

alors : S1+S2 -S ≥ $k_B.\Sigma_{ij}$ (pij-pi.pj) / Σ_{ij} (pij-pi.pj)= Σ_{ij} pij-(Σ_i pi). (Σ_j pj)=1-1.1=0 / on a bien S1+S2 -S ≥0.

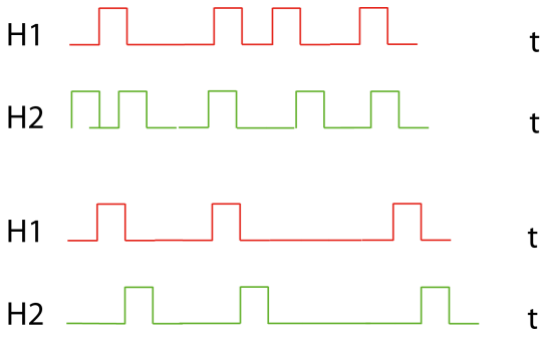


Illustration : le même raisonnement serait valable en ce qui concerne l'entropie d'information H / en haut deux sources de signaux binaires aléatoires non corrélés et d'entropies d'information H1 et H2 /en bas deux sources corrélées (quand la source 1 délivre un pulse rouge, la source 2 délivre juste après un pulse vert / dans le second cas (corrélation), la source 1 ∪ 2 a une entropie d'information ≤ H1+H2

~

couplage, ordre, communication

Partage d'information dans un gaz quantique : en physique classique, au sein d'un gaz parfait, les diverses particules constitutives s'ignorent. Indépendantes, elles ne partagent pas d'information. En revanche, au niveau quantique, des particules confinées dans un espace partagent de l'information, et cela d'autant plus que la température est plus basse (milieu ultrafroid). Ce **phénomène** (explicable par la théorie quantique des champs) est **proportionnel à la surface des particules** (et non pas à leur volume).

T↓ alors S↓, information mutuelle↑, $\Delta A(\nu)\uparrow$

Conformément à ce que nous avons rappelé à propos des oscillateurs harmoniques couplés

Condensation énergétique de bosons : on prend ici l'exemple d'un gaz de N bosons (particules sans interactions entre elles, spin entier) évoluant dans un potentiel harmonique (fréquence angulaire ω). À la température T, N_{exc} bosons sont dans des niveaux excités et N_0 dans l'état fondamental. $N= N_0+N_{exc} =1{,}2(k_B.Tc/\hbar\omega)^3$. Lorsque T>Tc, le nombre N_0 de bosons dans le niveau fondamental est très faible. Quand **T<Tc**, il n'y a **plus assez de niveaux excités** et **le niveau fondamental se peuple** selon la loi $N_0=N.[1-(T/Tc)^3]$. Pour ces mêmes bosons confinés dans une boîte (mais sans potentiel), la puissance 3 serait remplacée par 3/2.À température très basse, tous les bosons ont la même énergie E_{total}/N. Le spectre de fréquence est celui qui correspond au niveau fondamental d'énergie dans le puits de potentiel considéré. Les bosons se comportent de la même manière et ont tous un même étalement.

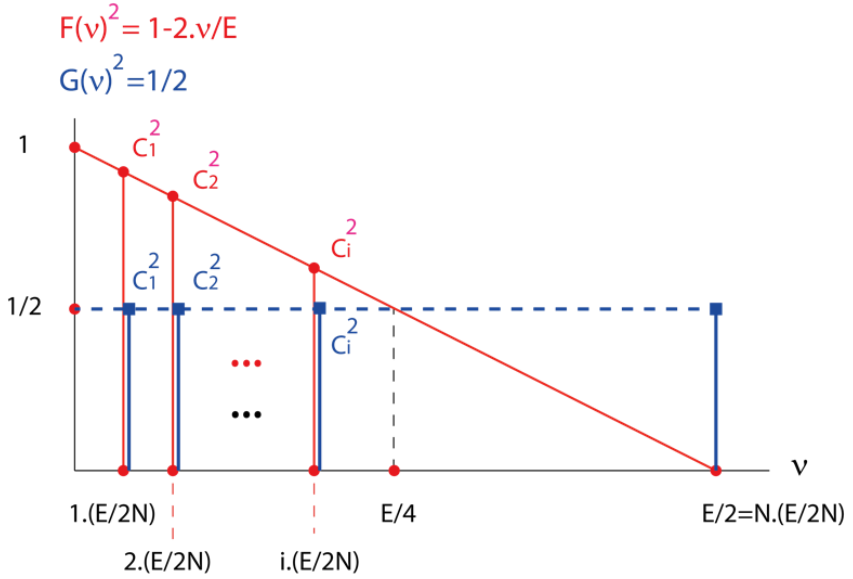


Illustration : utilisation des moments d'ordre 2 pour caractériser les spectres de fréquence. Sur la figure, on a représenté la variation des modules $|F(\nu)|^2$ et $|G(\nu)|^2$ des spectres $F(\nu)= \sqrt{(1-2\nu/E)}$ et $G(\nu)= 1/\sqrt{2}$. Ces deux spectres correspondent à la même énergie totale E. On considérera ici seulement des fréquences positives. Les moments quadratiques sont d'une part $M_F=\int_{0\to E/2} \nu^2.(1-2\nu/E).d\nu=E^3/96$, spectre rouge, et d'autre part $M_G=\int_{0\to E/2} \nu^2.(1/2).d\nu=E^3/48$.

À même énergie totale, le moment est plus grand pour le spectre constitué de raies de valeur constante que pour celui ou les valeurs sont dispersées (La dispersion concernant les carrés des amplitudes C_i^2 se reporte bien sûr sur les C_i, composantes d'un spectre $f(\nu)=\Sigma C_i.f(\nu_i)$ ou $\int C(\nu).f(\nu).d\nu$).

Intéressons-nous maintenant à $\mathcal{H}=-\sum_i C_i.\ln(C_i)$. On se contentera de comparer les deux spectres en ne considérant qu'un nombre fini de raies correspondant aux fréquences $\nu i=i.(E/2N)$, i=1 … N.

Avec N=10 et en considérant les N-1 raies i=1 à i=9 :

Ca du spectre avec raies identiques : $\mathcal{H}=-9.(1/4).\ln(1/4)= + 4{,}5.\ln(2)=+3{,}12$.

Ca du spectre rouge : $\mathcal{H}=-\sum_{i=1\to N}\sqrt{(1-i/N)}.\ln[\sqrt{(1-i/N)}]=-(1/2).\{\sqrt{0{,}9}.\ln(0{,}9) - \sqrt{0{,}8}.\ln(0{,}8) - \sqrt{0{,}7}.\ln(0{,}7) - \sqrt{0{,}6}.\ln(0{,}6) - \sqrt{0{,}5}.\ln(0{,}5) - \sqrt{0{,}4}.\ln(0{,}4) - \sqrt{0{,}3}.\ln(0{,}3) - \sqrt{0{,}2}.\ln(0{,}2) - \sqrt{0{,}1}.\ln(0{,}1)\}=+2{,}085$.

Dans l'espace des fréquences, la mise en ordre, id un couplage plus important, conduisent à une augmentation de $\mathcal{H}=-\sum_i C_i.\ln(C_i)$. C'est le contraire pour l'entropie d'information H habituelle qui décroit comme S lors d'une mise en ordre.

Dans le cas de la supraconductivité, au-dessous d'une température critique (4,16k pour Hg, le mercure), les fermions que sont les électrons de conduction s'associent deux par deux et se comportent dès lors comme des bosons. On observe alors un effondrement de la conductivité électrique. Dans la statistique de Fermi-Dirac, les niveaux de plus basse énergie ne peuvent contenir chacun qu'un nombre limité de fermions, un comportement différent par conséquent de celui des bosons et qui explique la variation de conductivité électrique des métaux courants.

À propos des milieux hyperfluides : il s'agit d'une situation différente de celle des condensats de Bose-Einstein (voir Wikipedia).

~

Entropie et temps

L'entropie peut être un moyen d'apprécier l'état d'avancement d'un processus, en particulier à partir de dS/dt. Dans le cadre du grand réaarrangement de l'univers suivant le Bang, le processus inexorable d'expansion, dilution, le temps, de même que l'avancement du désordre, caractérisent l'avancement du processus. Pour cette raison, t, S et dS/dt ont une importance particulière, bien que souvent négligés, la priorité de l'homme étant d'établir ou prévoir la position des choses, corps en mouvements, trajectoires, grandeurs thermodynamiques habituelles, forces, énergies

Toutes les choses dans la Nature, inertes comme vivantes, résultent de l'association de briques élémentaires, des brins d'énergie matière information conscience (EMI, étherlettes dans la fiction, quantas de conscience). Ces brins expulsés de manière chaotique lors du Bang ont perdu leur hypercommunication ou intrication première. Notre univers est semblable à un fleuve de ces brins désordonnés, désorientés et qui déferlerait dans une vallée, jusqu'à l'étalement dans l'océan premier du Tout T* à la fin des temps. Dans cette grande agitation, au hasard des rencontres, des brins essayent de se retrouver, de se coupler. Ils peuvent y arriver, de manières très variées donnant naissance à toutes les choses de la Nature, des plus petits édifices de matière, jusqu'aux plus grands, des particules élémentaires jusqu'aux galaxies.

Le deuxième principe de la thermodynamique stipule ou indique que quand un système complet (fermé, isolé) évolue spontanément (de lui-même) d'un état 1 à un état 2, alors son entropie thermodynamique augmente. Si ce système se maintient à l'équilibre, alors S ne varie pas. L'entropie globale de l'univers (en supposant qu'il n'interagisse pas avec d'autres univers dans le cadre d'une théorie de multivers) augmente lors de son expansion (dilution inexorable de l'énergie libérée lors du Bang) même si localement et pour un temps limité des parties ou sous-ensembles de ce système ont une diminution d'entropie. De telles

situations sont courantes dans notre environnement :

Tous les brins de matière-énergie dans l'univers ont tendance à occuper le maximum de place. Cependant certains brins ou groupes de brins déjà assemblés en particules, atomes, cristaux, sont en cage, prisonniers dans un volume limité de l'espace, momentanément privé de la capacité d'aller errer partout dans l'univers. Au sein de cette prison, ils essaient cependant d'occuper le maximum de place. Ainsi, les molécules d'un gaz parfait vont essayer d'occuper tout l'espace du container dans lequel le gaz est enfermé. Les modèles de fin des temps impliquent le plus souvent que tous les assemblages, en particulier ceux liés à la gravitation, se délitent pour se transformer en photons.

~

Principes d'action stationnaire

Fermat, optique : il prédit que le temps $\int dt$ mis par la lumière pour aller d'un point A à un point B dans un milieu d'indice de réfraction n est minimum. Comme l'indice de réfraction d'un milieu est le rapport de la vitesse de propagation de la lumière c dans le vide sur la vitesse de la lumière dans le milieu, n=c/v, on obtient : $\int dt = \int dl/v = (1/c). \int n.dl$. Ce principe permet en particulier de retrouver les lois de la réfraction.

Rappel : la lumière est constituée d'ondes électromagnétiques (photons) se déplaçant dans le vide à la vitesse c. Quand elle arrive dans un milieu autre que le vide, les vibrations EM incidentes se couplent avec les atomes ou molécules du milieu, les encouragent à vibrer à la même fréquence que celle ou celles du faisceau incident. Il en résulte un nouveau champ EM de même fréquence mais déphasé. L'onde EM qui se propage alors dans le matériau avec une vitesse v différente de c résulte du couplage de ce dernier avec l'onde incidente.

P. de Maupertuis, mécanique : le principe précédent a été étendu à la mécanique par P. de Maupertuis en 1744 : *voici ce principe, si sage, si digne de l'être suprême : lorsqu'il arrive quelque changement dans la Nature, la quantité d'action employée (proportionnelle au produit de la masse par la vitesse et par l'espace) pour ce changement est toujours la plus petite qu'il soit possible.*

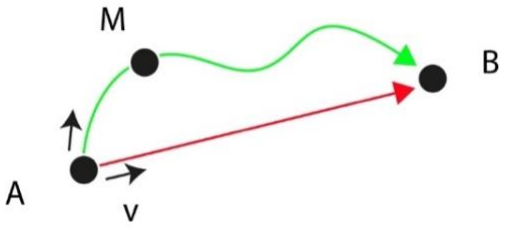


Illustration : la bille de masse M située dans un plan horizontal (pas de variation de l'énergie potentielle Mgh associée à la gravitation sur le trajet) et

animée d'une vitesse **v** pourrait aller de A en B par le chemin direct rouge ou par un chemin sinueux tel que celui représenté en vert mais c'est le trajet direct qui est choisi par la Nature (le plus court chemin dans l'espace euclidien). On notera que l'énergie (cinétique et égale ici à $M.|v|^2/2$) est conservée aussi bien sur le trajet vert que sur le trajet rouge. Donc la loi de conservation de l'énergie peut être respectée sans que le principe de moindre action ne le soit. Le principe de moindre action n'est pas une conséquence de la conservation de l'énergie. Cette dernière loi sur l'énergie découle du principe de moindre action et de la conservation du Lagrangien dans une symétrie par rapport au temps (théorème d'E. Noether), voir ci-après.

Cette fois, c'est le fait que l'intégrale $\int M.\mathbf{v}.\mathbf{dl}$ soit minimale (quand la masse M se déplace d'un point A à un point B avec la vitesse **v**) qui permet de déterminer la trajectoire. **Dl** est l'élément de longueur parcouru par M durant le temps dt). M.**v**.**dl** est l'action élémentaire associée au chemin élémentaire **dl**. Comme $(1/2)m.\mathbf{v}.\mathbf{dl}=(1/2)\mathbf{m}.\mathbf{v}.(\mathbf{v}dt)=(1/2)m.\mathbf{v}^2.dt$ et que $Ecin= (1/2)m.\mathbf{v}^2$, on a $\int M.\mathbf{v}.\mathbf{dl}= \int 2.Ecin.dt$.

J-L. Lagrange, mécanique : le principe de moindre action a été reformulé ensuite par Lagrange. Une transformation dynamique est caractérisée par des échanges au cours du temps entre l'énergie cinétique et l'énergie potentielle. Si l'énergie totale Ecin + Epot est connue et se conserve dans la transformation, la différence $\mathscr{L}$ = Ecin – Epot permet alors de connaître à chaque instant Ecin aussi bien qu'Epot, autrement dit la manière dont le système utilise l'une et l'autre. $\mathscr{L}$ est le lagrangien du système. Ecin est une fonction de la vitesse $\mathbf{v}=d\mathbf{r}/dt$ (ou Σvi de manière plus générale) et Epot est une fonction de **r** (ou (ou Σri de manière plus générale) dont l'expression dépend du type d'interaction exercée sur le système étudié (pesanteur, champ électromagnétique, …).

Le principe de moindre action de la mécanique prédit que la dynamique de transformation retenue (parmi toutes celles que l'on pourrait imaginer) sera celle qui minimisera $\mathscr{L}$. Déterminer la trajectoire entre A et B revient alors à trouver le minimum de $\int \mathscr{L}(\mathbf{r_i}, \mathbf{v_i}, t).dt$ de t_A à t_B. Dans cette nouvelle formulation, on intègre sur le temps t. En pratique, on utilise les équations d'**Euler_Lagrange** qui permettent de déterminer les trajectoires.

Quelques formulations : au départ, les principes de moindre action concernaient les seuls domaines de la mécanique (Maupertuis) et de l'optique (Fermat). Aujourd'hui, ils sont omniprésents (R. Feynman → électrodynamique quantique, D. Hilbert → dérivation des équations de la relativité générale, E. Noether → conservation de grandeurs physiques liée à des symétries, au niveau quantique → vérification expérimentale en 2023 sur des photons).

Rappelons maintenant quelques formulations du principe de moindre action en mécanique. On parlera d'énergie disponible. L'énergie non encore utilisée dans un système en transformation contenant diverses choses déjà plus ou moins organisées (ou même pas du tout pour partie) est notée Edispo. C'est le terme cinétique souvent noté T. De manière générale, nous nos placerons à un moment où l'énergie disponible au départ, notée Etotal ou plus simplement E, a déjà été partiellement consommée pour vaincre des obstacles, c'est la part V=Vallemagne, **r** vecteur position dans l'espace. Il reste donc une énergie Edispo (terme cinétique), pour alimenter la suite de la transformation du système considéré, Edispo=T=Etotal-V. Les principes de moindre action prédisent que ce terme va être utilisé au mieux pour transformer le système. On imagine alors toutes sortes de variations infinitésimales du système considéré (décrit par les positions et les vitesses) et parmi celles-ci celle qui sera choisie oprtimie la consommation d'énergie. Ces variations virtuelles sont notées δ. La variation imaginée pour le système S s'écrit alors $\delta S=\Sigma\partial S/\partial r.\delta r$, à la différence de la variation réelle $dS=\Sigma\partial S/\partial r.dr+\partial S/\partial t.dt$ qui prend en compte, elle, la variable temps t.

Formulation de **Maupertuis** et **Lagrange** (Mécanique) :

S varie d'un état A à un état B

$$\int_{A\to B} mv.dx=\int_{tA\to tB} mv.(dx/dt).dt=\int_{tA\to tB} mv^2.dt$$
$$=2.\int_{tA\to tB} T(v,t).dt \quad \textbf{(1)}$$

$$\int_{tA\to tB} \mathcal{L}(x,v,t).dt=\int_{tA\to tB} [T(v,t)-V(x)].dt \quad \textbf{(2)}$$

Si l'énergie se conserve (Etotal=constante), trouver un extremum de 2T ou de (T-V) revient au même. En effet T-V=T-(Etotal-T)= 2T-Etotal. Cette consition Etotal=constante n'est pas toujours vraie, en particulier pour des choses vivantes qui sont des systèmes ouverts (apport d'énergie depuis l'extarieur de l'organisme). Enfin la manière dont l'énergie encore disponible au temps t va être utilisée dépend bien sûr des obstacles rencontrés, à savoir le potentiel V. La formulation de Lagrange (**équations d'Euler-Lagrange**), conséquence de la stationnarité de (2) (extremum), est donc incontournable :

$$\partial\mathcal{L}/\partial x - d[\partial\mathcal{L}/\partial v_x]/dt = 0$$

Autre observation : le chemin emprunté pour aller de A à B n'est pas forcément celui qui nécessite une consommation moindre d'énergie. Il n'y a pas de destinée. On doit voir cette optimisation de l'utilisation de l'énergie disponible au niveau infinitésimal. On peut prendre l'image d'un serpent qui tente de se frayer un chemin dans un champ de cailloux. Il va décider à chaque instant de la direction à prendre pour contourner les obstacles. On suppose bien sûr dans cet exemple que l'animal en question n'a pas une conscience suffisante pour programmer un chemin particulier à l'avance.

Dans les autres approches permettant d'établir les équations d'Euler-Lagrange, on peut citer le **principe de d'Alembert**. Prenons l'exemple d'un palet en déplacement sur une table à coussin d'air. Le jet vertical d'air compense le poids du mobile. On peut le considérer comme une **réaction R** (de la même manière que si le mobile était placé sur une table ordinaire). R est une **force passive** à savoir qu'elle ne cause aucun mouvement servant seulement à limiter la liberté de mouvement du mobile (il lui est impossible de passer sous la table / un autre exemple serait celui d'un container empêchant les molécules de gaz de sortir). R ne va pas fournir au mobile une quelconque vitesse ou accélération. Si maintenant on exerce une force sur le palet conduisant à son déplacement sur la table (pour vérifier loi d'inertie ou conservation des quantités d emouvement mv), il s'agit d'une **force** dite **active**. **Les Ri n'effectuent aucun travail,** ce qui s'écrit $\Sigma_i \mathbf{R}_i.\delta\mathbf{r}_i=0$. Comme $\Sigma_i m_i.\boldsymbol{\gamma}_i=\Sigma_i (\mathbf{F}_i+\mathbf{R}_i)$ (Newton $\mathbf{F}=m.\boldsymbol{\gamma}$), on a aussi : $\Sigma_i (\mathbf{F}_i-m_i.\boldsymbol{\gamma}_i).\delta\mathbf{r}_i=0$.

Les lettres en gras représentent des vecteurs. Cette formulation a été utilisée par J-L Lagrange pour retrouver les équations d'Euler-Lagrange sans devoir partir du principe de moindre action (mais en utilisant le principe fondamental de la dynamique).

~

Principe de flux stationnaire

Moindre action et flux d'énergie : l'application aux flux relève d'une tentative de généralisation, de l'intuition aussi que l'énergie disponible doit chercher à s'écouler de manière optimale, de la façon la plus intelligente au vu des obstacles rencontrés [le potentiel V(**r**)]. Écoulement est bien sur synonyme de flux. Un principe universel d'optimisation des flux de l'énergie disponible Edispo=T est donc tentant. Dans le cas d'une chose vivante, la croissance peut se décrire en termes de flux vitaux. Le même principe s'appliquerait avec tout de même la réserve qu'au final, la croissance dans une direction proposée par les lois physico-chimiques doit ensuite être validée par son intérêt pour l'espèce (théorie de l'évolution).

On utilise en mécanique le concept de puissance virtuelle, P=F.v. Du point de vue des équations aux dimensions, $[F]=M.L.T^{-2}$, $[v]=L.^{T-1}$, $[Pvirtuelle]=M.L^2.T^{-3}$ = [Φ]. Autrement dit, P représente le flux local d'énergie associé au travail effectué par la force F au cours du déplacement élémentaire dx effectué en une unité de temps. On peut montrer que $dT/dt= \Sigma_i Pi$, les Pi représentant toutes les puissances virtuelles auxquelles est soumis le système considéré (externes comme internes / en lien avec le principe des travaux virtuels de d'Alembert, on peut toutefois remarquer que tout ce qui est du type réaction R ne fournit aucun travail puisqu'il n'y a pas de déplacement).

Si la consommation d'énergie disponible T est optimisée (δT extremum), alors il doit en être de même de la puissance virtuelle. On a alors un principe d'optimisation du flux d'énergie associé aux forces en présence.

~

Lien avec le Bien et le Mal : la pensée chinoise ancienne était imprégnée par le concept d'harmonie associée à un bon équilibre des flux

d'énergie associés aux diverses forces de la Nature, une situation de Bien. Avoir de l'énergie disponible T n'est pas une bonne chose. Cela reflète un déséquilibre, associé au Mal, que la Nature tente de corriger au mieux en réajustant les flux.

~

Lien avec l'information : qui dit flux d'énergie dit flux d'information. L'optimisation de l'information qui peut résulter de l'optimisation des flux d'énergie n'est qu'un corollaire, pas un moteur comme certains le pensent. C'est seulement lorsque la conscience devient suffisante (par exemple chez l'être humain) que la conscience peut préparer l'optimisation des flux énergétiques, prendre le relais du principe de moindre action qui est un simple automatisme de la Nature.

~

principe de conservation de l'énergie

Conservation d'une grandeur scalaire Φ : on considère la grandeur $\Phi(x,y,z,t)$, un volume V de l'espace x y z limité par une surface S. On écrit

$$d(\int_V \Phi.dV)/dt = +\int_V R.dV - \oiint \Phi.\mathbf{v}.\mathbf{n}.dS$$

L'intégration $\int_V$ est effectuée sur le volume V limité par la surface_frontière S, l'intégration $\oiint$ est effectuée sur la surface S. **n** est le vecteur de norme 1, perpendiculaire à l'élément de surface dS et orienté vers l'extérieur du volume V.

Cette égalité traduit le fait que la variation dans l'unité de temps de la grandeur Φ cumulée pour tout le volume V considéré est égale à tout ce qui est créé_disparu dans le volume (création_disparition de la grandeur Φ en question avec un taux de création R) auquel on doit ajouter_retrancher tout ce qui est entré_sorti du volume en traversant la surface_frontière S (le signe – ici indique un flux sortant).

En remarquant que le flux de grandeur Φ sortant dans l'unité de temps, à savoir $-\oiint \Phi.\mathbf{v}.\mathbf{n}.dS$, est aussi égal à $\int_V \mathrm{div}(\Phi.\mathbf{v}.\mathbf{n}).dV$, on obtient l'équation locale de conservation de la grandeur Φ :

$$\partial\Phi/\partial t + \mathrm{div}(\Phi.\mathbf{v}) = R$$

parfois écrit : $\partial\Phi/\partial t + \boldsymbol{\nabla}(\Phi.\mathbf{v}) = R$

exemple (fluides, équation dite de continuité) : $\mathrm{div}(\mathbf{V}) + \partial\varrho/\partial t = 0$

V vitesse du fluide (vecteur), ϱ masse volumique

Conservation de l'énergie E, Φ=E **:** il a fallu du temps pour détruire le mythe de la génération spontanée en Biologie (Pasteur). La conservation de l'énergie, sa transformation en travail ont fait l'objet d'études de thermodynamique classique (Clausius, Carnot, Joule). A. de Lavoisier avait énoncé la loi de conservation **rien ne se perd, rien ne se crée, tout se transforme, (**pas de perte de masse totale dans une réaction chimique). Si l'on tient compte de l'équivalence masse énergie, $E=M.c^2$ alors cela revient à dire qu'il ya conservation de ' »nerg'e.

Réfléchir : le principe précédent est valable dans l'environnement directement accessible à nos sens. Quid du bilan quand on prend en compte l'énergie sombre (matière-énergie noire) ?

Réfléchir : s'agit-il vraiment d'un principe ?

On a rappelé dans l'item principes d'action stationnaire que l'évolution d'un système physique peut être obtenue en optimisant le Lagrangien associé. Le théorème de E. Noether fait le lien entre symétries et lois de conservations : s i une transformation infinitésimale (d'un instant à l'autre) laisse le lagrangien inchangé, alors forcément il y a une grandeur physique qui va rester inchangée. Par exemple, quelle que soit notre orientation dans l'espace xyz, une expérience de physique menée de manière identique donnera le même résultat (à cause de l'isotropie de l'espace, invariance par rotation). En conséquence l'observateur doit pouvoir trouver une grandeur inchangée (conservée). Dans ce cas, il s'agit du moment cinétique.

L'invariance du Lagrangien par translation dans l'espace xyz entraîne quant à elle la conservation de la quantité de mouvement (principe d'inertie).

L'invariance du Lagrangien par translation dans le temps t (les lois, le lagrangien restent les mêmes au cours du temps) entraîne la conservation de l'énergie.

Toute nouvelle théorie décrite par un lagrangien qui ne change pas avec une symétrie donnée, fera apparaître une nouvelle quantité observable.

Invariance et observabilité : invariance et possibilité d'être observé par l'homme : il faut un temps minimum à un scientifique pour mesurer un phénomène. Plus précisément, la grandeur physique observée ne doit pas changer pendant l'intervalle de temps nécessaire à une observation consciente de ce phénomène. On dit que la grandeur physique est invariante, observable.

~

Principe d'harmonie
(Conjecture, celle de la fiction)

Le milieu primordial dans lequel a germé notre univers peut être assimilé à un gaz de bosons à basse température. Dans ce bain quantique, les particules sont indiscernables, présentes partout à la fois, complètement délocalisées (et donc avec un spectre plat et infiniment large). Tout se passe comme si l'on n'avait qu'une entité. Les brins qui apparaîtront par chaos lors du Bang sont à l'état virtuel, plus petits que la longueur de Planck, intriqués. Cet état idéal serait obtenu quand S est minimal et $\mathcal{H}$ maximal.

La communication idéale correspondrau cas où toutes les ondes constitutives des particules considérées se fonderaient dans un continuum en perdant leur individualité. L'occupation du volume disponible serait totale, la densité de matière en un point ne durerait qu'un temps infinistésimal, le spectre de fréquences serait infiniment large. Toutes ces considérations découlent du fait que plus un signal est étalé dans le temps et plus son spectre de fréquence est étroit. Plus il est bref et plus son spectre de fréquence est large. Pour pouvoir espérer observer une particule, encore faut-il qu'elle reste sur place (en x, y, z) un temps minimum (en théorie de l'information le temps nécessaire pour pouvoir échantillonner le signal). Plus cette durée de maintien en x, y, z est grande et plus le spectre de fréquences est étroit, moins l'intercation de couplage est grande. On peut voir cela comme un indicateur de concentration de matière. Il y a de la matière discrète (par exemple des particules bien observables par l'homme dans l'espace xyz) si le spectre énergétique se resserre.

Pour expliquer les processus qui se déroulent dans notre univers, on doit prendre en compte :

1/ Le Bang initial libérateur d'énergie a agi comme une explosion qui a projeté des débris dans toutes les directions en leur délivrant une vitesse initiale et en les désintriquant.

2/ Il existe une interaction fondamentale visant à lier deux brins

élémentaires entre eux. Au hasard des rencontres, des édifices se construisent, pouvant être vus comme des obstacles retardant la dissolution complète dans T*. Après avoir interagi, deux brins se trouvent à nouveau intriqués mais on est encore très loin de l'intrication complète de la matrice primordiale. Toutes ces constructions intermédaires ont cependant vocation à être un jour dissoutes.

L'interaction fondamentale est celle dont dérivent les quatre types de forces connues en physique, interactions nucléaires forte et faibles, interactions électromagnétiques, gravitation. La recherche et dans les collisonneurs de particules à haute énergie des plus petits objets constitués par des branes, étherlettes de la fiction, cordres, brins de cordes, plus ou moins durables ou éphémères, permettra à terme de préciser cette interaction fondamentale.

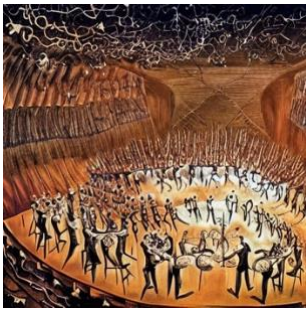


Illustration : left prompt, Stable Diffusion, neurons dancing above a symphony orchestra, Dali style / right prompt, Dall-E, musicians in a concert hall, neurons dancing in the background, wide view.

Quelques significations du mot harmonie : l'harmonie est obtenue quand l'oreille humaine et satisfaite de la coordination des sons provenant d'instruments différents, cordes, bois, cuivres, percussions, … Un architecte urbaniste retiendra entre autres l'harmonie des formes, un peintre l'harmonie des couleurs, un écrivain l'harmonie des mots, pour un musicien l'accord des sons. Tout cela est en rapport à des normes, à une culture particulière, plus largement à des concepts anthropocentrés. L'harmonie pour une araignée n'aurait rien à voir avec l'harmonie pour l'homme. Le nombre d'or, avant tout conditionné par la forme du champ visuel humain n'est aucunement une référence de beauté et harmonie pour un chat qui a un champ visuel différent

(privilégié en hauteur).

Un réseau de communication construit par l'homme peut être bien ou mal utilisé. On pourrait alors définir l'harmonie commé étant l'optimum de son utilisation, à savoir l'optimum de performance du transit des informations. Pour les choses vivantes, le niveau d'harmonie devrait réfléter la manière dont le réseau de communication est utilisé. Ce réseau n'est pas idéal. On doit le considérer tel qu'il est. Deux systèmes différents S1 et S2 constitués du même nombre d'éléments mais différant par leur architecture peuvent présenter des performances différentes. Leurs harmonies respectives considérées comme l'optimum de leurs performances seront donc différentes.

L'interaction fondamentale (et ses déclinaisons) sert à rétablir l'équilibre de notre univers qui n'est qu'une perturbation du milieu premier contenue en lui. À cet équilibre est associé l'état d'harmonie. Mais que signifie au juste ce terme ? On ne répètera jamais assez combien serait nécessaire une rédéfinition des mots dans le cadre d'une refondation du langage, et qui soit basée sur les traces cérébrales de la pensée. Nous pensons souvant maladroitement, de manière subjective, car un même mot peut ne pas avoir la même interprétation pour tous. Bien évidemment, sur ce sujet, les mathématiques nous montrent l'exemple échappant à cette critique. Dans Ydunéa, le mot harmonie désigne un état dans lequel tous les brins constitutifs d'une même chose sont réunis en une entité unique, en hyper communication, hyper communion, autrement dit intrication. Ce consept s'étend au milieu primordial. Vu sous cet angle, on se rapproche de certaines visions spirituelles asiatiques. L'harmonie est associée au Bien et la disharmonie au Mal.

Certains physiciens pensent que les brins du milieu premier qui n'ont pas été éjectés dans notre univers (plus exactement créés car les brins sont à l'état virtuel dans le milieu primordial) exercent encore une interaction sur les brins constituant notre univers avec pour objectif de les réintégrer. Il s'agit d'une interaction (différente de l'intrication du bain quantique premier dans son état idéal non perturbé) comme pour les forces physiques habituelles, impliquant le concept de propagation. Cela pourrait à leurs yeux expliquer l'expansion accélérée de l'univers. Il s'agirait d'une force très puissante associée à l'énergie sombre.

Notre Voie lactée, comme de nombreuses autres galaxies, se déplace actuellement à une vitesse de l'ordre de 600km/s. Observation supplémentaire faite à partir des annnées 70, toutes ces galaxies semblent se diriger vers un Grand Attracteur situé à environ deux cents millions d'années lumière et de nature inconnue (ce n'est cependant pas un trou noir avaleur de matière). Il s'agirait d'une gigantesque structure de matière noire située à proximité du superamas galactique Laniakea. Par ailleurs, d'autres grands attracteurs seraient répartis dans l'univers.

Sans trop empiéter sur un sujet qui sera repris dans la seconde partie d'ici et là (vie et conscience), la conscience est considérée comme une étape dans la réintrication totale des brins de matière-énergie dispersés et désintriqués au temps zéro, avec le Bang.

L'amour et l'empathie, en tant que tendances au rapprochement, à la communion des âmes selon certains philosophes, sont en fait des conséquences du principe d'harmonie. Les spiritualités de rassemblement maximal des brins élémentaires, comme le Bouddhisme, les religions révélées ou encore la dernière forme de spiritualité du métavers, font en fait la promotion d'un espace mental hyperconnecté, en hypercommunion, un amour global et universel censé anéantir le Mal. On a expliqué par ailleurs comment le Bien maximum associé à la disparition complète du mal conduit en fait à l'anéantissement de la vie.

Illustration : Henri Rousseau, The Dream, 1910, Wikipedia Loves Art at the Museum of Modern Art, N-Y, USA.

Implications sur le plan spirituel : on a déjà évoqué la communion, un concept cher aux religions révélées mais présent également dans quasiment toutes les formes de spiritualité, y compris bien sûr l'animisme. Le principe d'harmonie apparait comme le véritable moteur de toutes les transformations de la Nature et le moyen de réduire le désordre. On peut aussi considérer qu'il est à l'origine de l'empathie et de l'amour.

~

Quelques visions du monde

Importance de la spiritualité : pour avoir des chances de progresser et prospérer durablement, une civilisation a besoin d'un ciment, celui de l'adhésion à une vision d'avenir. Cette dernière est évidemment liée à l'image que nous nous faisons de l'univers. Le judéo-christianisme a longtemps été le socle sur lequel nous avons construit nos règles de comportement social. Il a conduit aux libertés individuelles, des libertés qui faute d'avoir été suffisamment encadrées sont responsables d'une bonne part des dérives de notre civilisation occidentale contemporaine. La jeunesse ne comprend pas ou ne veut pas comprendre l'importance de la spiritualité, préférant se complaire dans le consumérisme. Elle imite en cela ses parents.

La culture occidentale est imprégnée de brutalité. Dans la mentalité américaine US plus spécialement, l'attrait pour la domination est partout, réussite en dépassant les autres, struggle for life, volonté de leadership universel, détention d'armes à feu possible pour chacun. Dans l'éducation, la manière de revisiter l'histoire porte un message malsain, poussant les enfants dès leur plus jeune âge à croire que la guerre fait partie de la vie normale des hommes, elle serait une fatalité. Les livres colportent cette idée et à tous les âges. On trouve géniale une œuvre fantastique destinée aux plus jeunes et qui en n'est que la relation d'une suite de batailles entres des hommes, des nains, des monstres. Plus tard on admire des œuvres de SF dont le scénario repose lui aussi sur des batailles, cette fois intergalactiques. La modernité est dans la technologie mais la mentalité, le comportement des héros sont ceux d'un autre âge, du nôtre, celui qui tolère encore la guerre.

Si le Christianisme est aujourd'hui en perdition, réduit à aller chercher de nouvelles brebis parmi les moins cumtivés et les plus crédules des hommes c'est essentiellement en raison du décalage entre le progrès et le message des églises. En un laps de temps très court, l'humanité a fait un bond considérable sur le plan des connaissances grâce aux savants occidentaux qui ont repris l'héritage antique gréco-romain à partir du

Trecento en Italie. Nous sommes aujourd'hui à la veille d'une nouvelle ère où la conscience va remplacer Dieu.

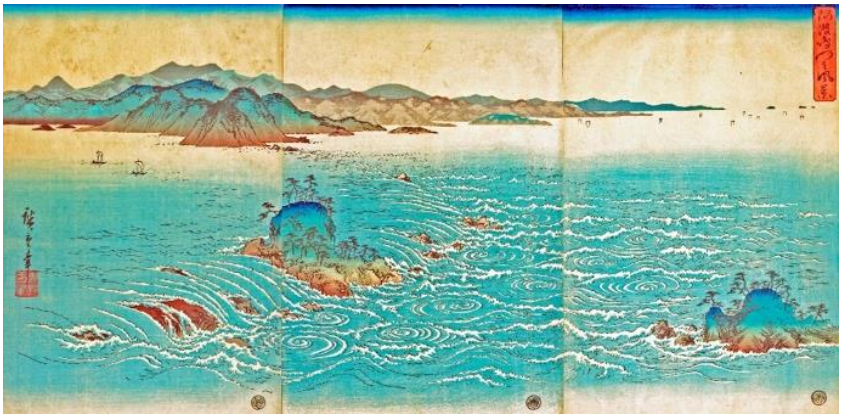


Illustration : estampe japonaise, U. Hiroshige (1797_1858), tourbillons dans la province d'Awa au Japon / le flux gigantesque de matière_énergie_information, issu du Bang (semblable à un fleuve qui déferle dans une vallée en créant toutes sortes de tourbillons, jusqu'à finir en s'étalant tranquillement_calmement dans la mer,) tend à éloigner toutes choses. Il s'agit d'effacer au plus vite la blessure que représente la genèse de notre univers au sein du Tout. En dépit de cette adversité, dans ce flux turbulent, dès que l'occasion se présente, les infimes brins de matière_énergie_conscience qui ont été dispersés se rassemblent, se couplent, essayant de reproduire même d'humble et minime façon l'intrication_communion totale qu'ils avaient dans le Tout T*, la matrice première, le milieu primitif. L'entropie et la température reflètent le premier effet, la tendance à l'éloignement, au désordre toujours plus grand. Un principe d'harmonie, à l'opposé, conduit les choses de la nature à s'ordonner toujours plus. La vie en est un cas particulier. Toutes choses sont conscientes, en héritage de leur état dans T*, quoi que à des degrés très divers.

Vision de la fiction Joy et les planètes bleues : elle a été détaillée dans l'item principe d'harmonie. Les univers germent au sein d'une matrice primordiale, un milieu idéal, le Tout T*. On peut le comparer à un gaz de bosons à très basse température. Les particules individuelles (les bosons) perdent alors leur individualité. On peut aussi considérer qu'il n'y a plus qu'une seule chose, une seule entité. La communication est idéale. Au sens spirituel on peut parler de communion., au sens physique

d'intrication (l'intrication est différente de l'interaction en ce sens qu'elle ne fait pas appel à une quelconque propagation). Dans T*, le temps n'a pas de sens (intrication), les dimensions non plus. L'ouverture d'un univers est dûe au fait que, par principe, **rien n'est parfait** (voir aussi à ce sujet le théorème d'incomplétude). Une fluctuation au sein de T* dégénère en chaos puis en Bang. Des particules apparaissent (désintriquées). Les dimensions apparaissent ainsi que le temps qui va mesurer l'avancement du retour à l'équilibre. Une fois créé, un univers est encore dans la Matrice. Il est donc susceptible de réagir avec celle-ci aussi bien qu'avec d'autres univers crées par d'autres processus de chaos. Chaque univers créé doit être considéré comme une perturbation. Elle va s'effacer progressivement, à l'iamge de l'onde crée par un caillou qui serait jeté dans une mare. La fin des temps correspond à la fin du retour à l'équilibre. Toutes les particules vont rejoindre le Tout, se trouver à nouveau intriquées à l'état de brins virtuels.

Toujours à propos de la fiction, immédiatement après la genèse, les brins découplés vont tenter de se regrouper, partager. Le hasard des rencontres et les lois de la physique va prévaloir jusqu'à ce que le degré de conscience deveinne suffisamment élévé pour que des structures auto-organisées, celles de la vie sur Terre, prenne le relais. On atteint le niveau de la pensée consciente. La conscience va alors et en quelque sorte devenir l'opérateur de l'univers _perturbation, à charge pour elle d'imaginer et faire exécuter des algorithmes visant à rétablir l'harmonie de l'univers (dissoudre la perturbation). La conscience doit s'efforcer d'imposer le Bien rejoignant sur ce sujet la position des religions. L'ensemble (cycle des univers) peut alors être vu comme un ordinateur_automate conscient (la conscience commençant à jouer un rôle notable d'accélérateur du retour à l'harmonie lorsque l'auto_organisation caractéristque des êtres vivants atteint un niveau suffisant. Quant à la question 'd'où vient la conscience ?', elle n'a pas à être posée. La conscience est essence (même réponse que celle faite par les prêtres quand on leur demande d'où viennent les Dieux !).

~

Vision d'un univers créé par un ou des dieux : à l'âge animal (Paléolithique), l'homme devait vivre au jour le jour. De l'observation

attentive et permanente de la Nature environnante dépendant sa survie. Il n'y avait pas toujours de distinction bien nette entre le vivant et le non-vivant, un torrent ou un volcan ou encore le soleil, de par leurs mouvements pouvaient être considérés comme vivants. Dans ces conditions, l'homme pouvait supposer qu'ils avaient une âme, un caractère, un comportement, qu'ils pouvaient eux aussi être contents ou mécontents. On peut regrouper dans l'animisme l'ensemble de ces comportements.

Même si cela peut paraître étonnant à certains esprits, l'animisme n'est pas une vision totalement absurde et dépassée. S'il est parfois considéré avec mépris par les occidentaux, c'est en raison du fait qu'on l'associe à des peuples en retard sur le plan scientifique et technologique, entre autres ceux d'Afrique noire. En réalité il est encore présent dans des pays très avancés et raffinés, Japon, Chine même s'il est souvent associé à des cultes divins. Attribuer une âme, un esprit, à chaque chose rejoint un point de vue moderne de plus en plus partagé par les physiciens, à savoir que chaque chose dans la Nature est imprégné par la conscience. Le plus infime brin de matière énergie possède aussi en attribut un quanta d'information_conscience. Évidemment et c'est une différence avec l'animisme, un cristal inerte, diamant par exemple, n'a pas un degré de conscience permettant la pensés par ce que les degrés de liberté et les modes de vibration possibles ne sont pas suffisamment riches, contrairement à ce qui se passe dans les macromolécules organiques de la vie. Attribuer une âme semblable à la nôtre à un brin d'herbe, ou aux particules d'air impliquées dans un souffle de vent est évidemment absurde. Mais plus on avance dans l'arbre de l'évolution et plus on constate que les êtres animaux acquièrent la capacité de penser ce que révèle leur comportement.

Au Néolithique, avec la sédentarisation, le niveau de connaissances a progressé considérablement. L'incapacité à expliquer la souffrance, le Mal conduit les hommes, par désespoir et en dernier recours, à introduire le concept de Dieu. Les êtres suprêmes imaginés sont vus comme des surhommes et on leur prête d'ailleurs souvent des sentiments humains. Le succès des religions grandi, une caste de prêtres exploitant la crédulité du peuple. Les religions révélées reprennent le principe d'une vie après la mort sous la forme du concept de paradis.

Le refus d'accepter la mort est déjà présent au Paléolithique, attesté par des sépultures où sont déposés des objets de la vie courante. Ce concept va se développer entre autres dans le chamanisme. Les âmes ou esprits des défunts vivent dans un autre monde sans support matériel. On a un premier exemple de séparation entre un monde matériel et un monde spirituel.

L'Asie a connu la même succession qu'en Occident, animisme, chamanisme, introduction de divinités mais avec des religions plus tolérantes que celles du Moyen-orient. Les spiritualités sont plus variées et souvent mélangées. Les Dieux ont souvent été incorporées dans des visions ou modèles qui ne le simpliquaient pas au départ. Une caractéristique très importante est aussi la notion d'harmonie, d'équilibre entre le Bien et le Mal. Il ne faut pas oublier que la plupart des formes de spiritualité ont été imaginées en des temps où l'on ignorait le rôle de l'évolution. Certes il était question de genèse et de fin des temps mais le monde dans lequel vivent les hommes était vu comme quelque chose d'immuable, relativement harmonieux. C'était à l'homme de s'adapter au mieux en prenant les bonnes décisions.

Le concept d'univers créé par un Dieu se heurte à un obstacle de taille, à savoir la question du Bien et du Mal. Pourquoi Dieu ferait-il souffrir des êtres qu'il a créés. Par ailleurs et bien que l'on prétende parfois que les Dieux auraient créé l'homme à leur image (imparfaite) force est de constater que ce sont plutôt les hommes qui en toute naiveté ont imaginé Dieu à leur image (mais de surhomme) en lui prêtant des sentiments humains.

Sur la question du Bien et du Mal le Christianisme nous demande d'accepter notre condition humaine. Les misères, souffrances, malheurs sont une fatalité, le prix à payer pour aller au paradis. Face au Mal, on doit répondre par le Bien et pardonner à ceux qui nous causent du tort. L'âme est immortelle. Même si le niveau moyen des connaissances scientifiques est relativement faible en Occident, les gens ne sont pas dupes. Ils comprennent que la puissance humaine est sans cesse démultipliée, on leur parle de terraformer des planètes, de fusion nucléaire, promesse d'énergie illimitée. L'homme contemporain ne se

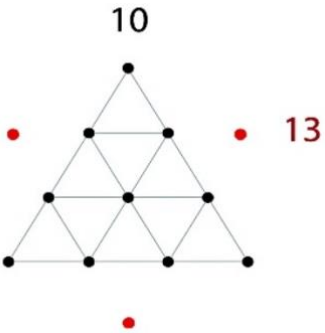
contente plus de puiser dans la Nature, il tend à devenir un démiurge. Ils savent aussi que l'on pourrait calmer toutes les souffrances physiques, procurer à chacun une fin de vie calme et digne, contrer le Mal. Enfin il y a toujours cette question qui revient sans cesse quand on demande aux gens ordinaires pourquoi ils ne croient plus ne pratiquent plus : comment un Dieu infiniment puissant et bon pourrait-il être méchant au point de faire ainsi souffrir les hommes. Dans la construction imaginaire qu'est la religion chrétienne, on prête à Dieu des sentiments humains. Immortalité de l'âme : l'âme est liée à la conscience et celle-ci laisse des traces vibratoires suivies expérimentalement Après la mort ces traces disparaissent. Tous ces décalages ou contradictions engendrent un malaise. La jeunesse est prise dans l'engrenage du consumérisme, foi et culte chrétiens déclinent inexorablement.

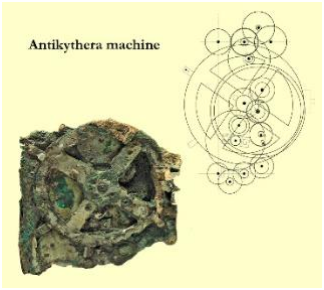
En Orient, les spriritualités anciennes privilégiaient souvent la vision fixiste d'un monde en harmonie. Ce serait alors à l'homme de s'adapter au sein d'un environnement dans lequel Bien et Mal s'équilibrent. Difficulté : l'homme sait et peut aujourd'hui modifier de façon majeure son environnement. Il n'a pas seulement la possibilité de s'adapter à ce qui est, il peut modifier et transformer à son gré la Nature.

Autre remarque applicable à toutes les anciennes formes de spiritualité : prières et méditations sont censées nous rapprocher de Dieu ou du Nirvana. Cette confiance dans les capacités humaines est bien sûr d'une grande naiveté quand on situe notre espèce dans le contexte de l'évolution, quadn on prend conscience de notre imperfection. Cela révèle l'orgueil et le narcissisme de notre espèce. On sait aujourd'hui qu'il reste beaucoup à faire pour l'améliorer.

Sur le recours aux dieux, argument de la complexité : périodiquement, des scientifiques nous expliquent que la nature ne pourrait s'expliquer sans Dieu ! Ils avancent la complexité de la nature. Mais cet argument est faux. Les religions nous présentent souvent Dieu en géomètre. Mais alors, s'il existait, il appliquerait les principes premiers de l'orde mathématique et entre autres celui de simplicité de moindre action. Ce n'est pas ce que l'on voit dans la Nature avec la complexité des êtres vivants qui se caractérisent par une foultitude d'éléments inutiles. Dieu aurait-il hésité, tergiversé ? Hésitations, complexité, oubli des principes d'économie ne

révèlent certes pas un comportement divin. Une grande complexité peut résulter du désordre, d'une situation de chaos dérivant elle-même de fluctuations au sein d'un milieu primitif parfait. Le retour à l'équilibre se traduit par des désordres locaux qui ne brisent que localement et non pas globalement le principe d'entropie qui veut que la perturbation associée à notre univers s'efface toujours plus.





Illustrations : in black color, the Tetractys of Pythagore. The fourth triangular number is a mystical symbol in the secret worship of Pythagoreanism. **1** Unity (Monad, or singularity in turn from monos, 'alone') refers, in cosmogony to the Supreme Being, divinity, God or the totality of all things. **2** (Dyad) refers to soul and numbers. For Pythagoras, there are two essential things in the world, the soul (immortal, of the divine essence and being able to migrate from body to body, even animal, until the man, become virtuous, is freed from this risk. The Pythagoreans did not consume meat, metempsychosis, Hindu influence), then the numbers that structure the world, give it harmony and beauty. **3** (Triad) refers to Harmony, that is to save the beauty of the soul and of all things. **4** (Tetrad) refers to Cosmos (four classical elements fire, air,

water and earth / there are four seasons…). **10** (Dekad) = 4+3+2+1. First row, point: zero dimension / second row: two points, a line, one dimension / third row: three points, a plane, two dimensions / fourth row: four points, volume (tetrahedron defined), three dimensions.

Creator God, Bible, Paris, early 16th century, BnF, Western manuscripts.

Machine d'Anticythère, 2ème siècle BC ? Par Lead Holder, meccanismo_di_Antikytera.jpg, domaine public, commons Wikimedia. Ce calculateur analogique de la Grèce antique comporte des dizaines de roues dentées disposées en plusieurs couches. Il permettait de faire des calculs astronomiques, permettre entre autres de prévoir les éclipses. Horlogerie mécanique contemporaine (montre de poche Dalvey, 2000 ans après. Pour les savants de l'antiquité grecque, l'ordre mathématique du monde n'était pas seulement une intuition.

Une œuvre divine se doit d'être parfaite et cela, dès sa création. Elle répondrait au principe de simplicité. Pourquoi alors cette machinerie et ce métabolisme si complexes du corps humain, toutes ces viscères grouillantes, malodorantes et répugnantes pour faire fonctionner notre cerveau ? Pourquoi tous ces essais et erreurs, ces impasses ou échecs de l'évolution ?

le Mal peut-il être compatible avec la perfection divine ?

C'est un argument souvent avancé par ceux qui refusent de croire en Dieu. Pourquoi s'amuserait-il à torturer des innocents ? Les religions révélées sont toujours incapables de répondre à cette question lancinante. Quand elles sont à bout d'arguments, en dernier ressort, elles invitent les incrédules à faire acte de foi.

~

Vision d'une civilisation supérieure qui nous aurait créés et nous surveillerait : cette hypothèse est celle de nombreux penseurs ou auteurs de SF. On ne peut la rejeter si l'on considère la probabilité que d'autres espèces conscientes existent dans l'univers, plus largement dans l'ensemble des univers et avec des berceaux peut-être autres que ceux que nous connaissons sur la planète bleue, des macromolécules arrangées de

telle sorte que l'orchestre des nœuds_musiciens puisse créer les magnifiques symphonies de la conscience par une circulation sans cesse renouvelée d'information, inventive, créative, et cela dans tout le berceau considéré (mobilisation activation vibratoire coordonnée de tous les point_noeuds de l'être vivant).

On peut faire le même reproche à ces modèles que celui fait à ceux qui imaginent des dieux : comment une espèce supérieure pourrait-elle accepter l'idée de créer des êtres aussi imparfaits que les hommes ?

Elle pourrait nous avoir précédé sur la Terre et aurait disparu à la suite d'un conflit interplanétaire. Nous serions inférieurs à eux. C'est le scénario de Renê Barjavel dans la Nuit des temps. Le dernier couple de survivants, mis en hibernation dans une capsule ovoide enterrée profondément dans l'Antarctique, devrait se réveiller lorsque les conditions redeviendront favorables sur la planète bleue. Malheureusement le réveil se passe mal et ces derniers représentants supérieurs à nous disparaissent.

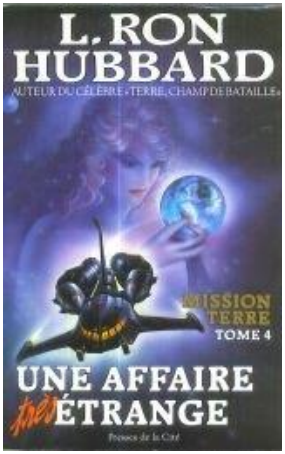


Illustration : left, L Ron Hubbard, édition française, Presses de la Cité, première de couverture. Dans Mission Terre, un roman de Ron Hubbard (1985-1987), l'humanité est une déclinaison locale (sur la planète bleue) d'extraterrestres apparus sur la planète Voltar et qui ont colonisé plusieurs milliers de systèmes stellaires (l'Église de Scientologie reprend cette idée). Cette

espèce mère veille à ce que les humains ne se détruisent pas (dans la doctrine de la scientologie, elle reprendra contact avec l'humanité dès que celle-ci sera devenue mature).

Origine des Voltars ? En dépit bien sur de nombreux points obscurs, les croyances de la Scientologie ne sont pas plus déraisonnables que celles des religions révélées. Il faut y voir une tentaive courageuse de proposer une spirtiualité nouvelle comme alternative à celles du passé, aujourd'hui inadaptées. L'attaque du Christianisme contre la Scientologie au prétexte que cette dernière abuserait de la crédulité du peuple est ahurissante quand on se rappelle comment le Christianisme s'est imposé dans l'Empire Romain décadent et comment aujourd'hui encore le Vatican profite de manière éhontée de la générosité humaine en exploitant toutes sortes de pseudo-miracles. Jérusalem, marchands du temple, parole de Jésus dévoyée ! L'Église de Scientologie, au-delà de ces basses controverses et en dépit des hypothèses invérifiables qui la sous-tendent est un effort d'actualisation de la spiritualité.

Right, Bing.com / create, prompt: a golden egg containing a man and a woman, is completely embedded in the ice of Antarctica, love, ethereal.

Les pyramides sont-elles dûes à une intervention extraterrestre ?

Dans l'antiquité, vers 2500 BC (before Christ), les Égyptiens ont réussi à orienter les diagonales de base des trois grandes pyramides de Gizeh selon les points cardinaux. Comment ont-ils fait ? Parmi les possibilités : on choisit un jour d'équinoxe (par temps clair et 91 jours après le solstice d'été !) / on prend un bâton (gnomon) / à intervalles réguliers on marque d'un point l'extrémité de l'ombre projetée/ on obtient une ligne presque parfaite d'est en ouest / on commet en général une légère erreur antihoraire, comme constaté pour les 3 grandes pyramides de Gizeh.

Le solstice d'été est le jour le plus long de l'année (le plus ensoleillé en l'absence de nuages) dans l'hémisphère nord. À l'inverse, le solstice d'hiver est le jour le plus court de l'année, les 21 ou 22 décembre. Les jours d'équinoxe, le soleil est juste à la verticale au-dessus de l'équateur. I se lève alors exactement à l'est pour se coucher exactement à l'ouest. L'équinoxe du 20 mars indique le début du printemps. L'équinoxe du 22 septembre indique le début de l'automne. Ces jours particuliers étaient importants pour les premiers hommes, ils leur indiquaient les changements à venir dans la Nature, arrivée des gelées hivernales, de la germination des plantes, du murissement des fruits ou céréales. Les Égyptiens de l'antiquité suivaient aussi la nuit le mouvement des étoiles.

L'arrivée de Sirius annonçait le début de la grande crue du Nil (voir fiction).

Pour régler l'horizontalité des plateformes sur lesquelles ont été édifiées les monuments, les Égyptiens pouvaient utiliser tout simplement le niveau d'eau (canaux quadrillant la surface de base).

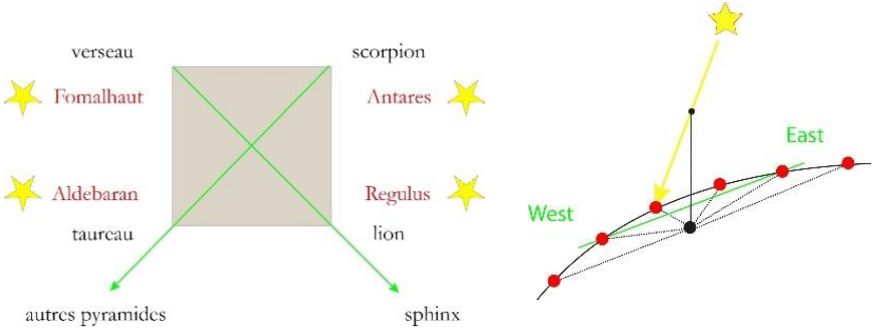


Illustration : orientation de la grande pyramide de Gizeh. Les diagonales de la grande pyramide pointent également les quatre constellations du zodiaque autrefois considérées comme les gardiennes du ciel (1ère diagonale : constellation du scorpion_étoile Antares → constellation du taureau_étoile Aldebaran / 2ème diagonale : constellation du lion_étoile Regulus → constellation du verseau_étoile Formalhaut) car leur disposition relative se maintient.

La plus grande inconnue concerne la taille des pierres monumentales, en particulier celles en granit, une pierre très dure. L'utilisation occasionnelle d'outils en bronze a probablement précédé l'âge du bronze lui-même (l'utilisation est alors devenue systématique, avec une métallurgie bien définie). Mais même si des burins en bronze ont été utilisés, la planéité de certains blocs et leur ajustement sont très étonnants, et cela d'autant plus que ce sont les blocs les plus anciens qui sont les plus massifs et les mieux ajustés. De là à penser à une civilisation supérieure et disparue, il y a un grand pas. Des pierres énormes et très ajustées font partie de monuments agencés de manière rudimentaire (cas de Cuzco au Pérou entre autres).

Le fait que des pyramides aient été construites par des civilisations

très différentes (Xi'an en Chine, Égypte antique, Amérique centrale) peut relever de la simple convergence évolutive et de la découverte des points cardinaux. Les premières spiritualités se sont nourries de l'observation du ciel. De la compréhension des cycles de la Nature dépendait la vie des hommes, quand planter, quand récolter, quant fairedes réserves, quand viendrait la pluie ou le froid … Par ailleurs et comme on le rappelle dans la fiction (1er volet d'Ydunéa), la réalisation des pyramides de Gizeh semble bien être l'aboutissement d'un long processus d'architecture (simples empilements de pierre, mastabas, pyramides à degrés, pyramides à face lisses, monuments ratés comme pour les cathédrales gothiques).

Illustration : forteresse inca de Cuzco au Pérou, Diego Delso, CC BY-SA, commons wikimedia /. Elle dominait la ville située à 2km. On peut apercevoir des ajustements étonnants de pierres mais le tracé des remparts laisse en revanche perplexe même si le plan général serait celui d'une tête de puma.

Benben stone from the pyramide of Amenemhat III, twelfth dynasty, Egyptian museum, Cairo, commons wikimedia. Origine du choix de la forme pyramidale : cristaux naturels octaédriques (voir fiction Joy et les planètes bleues) / source d'inspiration des pyramides, le pyramidion (pierre Benben), coiffe des pyramides ou autres édifices est associé au culte du dieu Rê (Ra, Annu). Il représenterait la 1ère butte de terre sur lequel s'est posé le soleil lors de la création du monde. Une pyramide alignée sur les quatre points cardinaux peut symboliser la course du soleil dans le ciel. Une pierre Benben était conservée dans le temps d'Héliopolis antérieur à la construction des grandes pyramides de Gizeh / il était illuminé chaque matin à travers une fenêtre du temple ouverte à l'est. On a retrouvé de très nombreux pyramidions. L'illustration ne représente pas bien sûr l'original du temple d'Heliopolis mais une réalisation postérieure (12ème dynastie).

D'autres coutumes similaires ont été introduites dans diverses régions du monde, sans qu'il n'y ait eu de contact entre les peuples comme la momification. Les diverses civilisations ont inventé toutes sortes de canons de beauté très discutables, tels que les femmes_girafes et les scarifications en Afrique noire, les pieds féminins réduits en Asie, les crânes déformés en Amérique du Sud. On a abordé dans le troisième volet d'Ydunéa la question des dérives culturelles au sein d'une civilisation donnée.

~

Vision d'un univers créé, ouvert par des physiciens : le concept d'univers créé par une espèce supérieure ne relève pas seulement de la SF. Il n'est plus impensable, dans l'état de nos connaissances contemporaines que l'homme une fois expliquées toutes les transformations de l'univers et compte tenu de la démultiplication de sa puissance, décide, tel un démiurge de créer un nouvel univers à partir du nôtre. Récemment des physiciens ont entrepris de simuler des univers miniatures. Les études théoriques sur la dynamique des champs quantiques au sein d'un univers courbé conduisent à la prédiction de l'apparition de particules dans un contexte d'expansion. Cela pourrait expliquer l'ensemencement de l'univers avec l'apparition des galaxies.

Illustration : statuettes d'Urfa (Turquie). Elles ont été interprétées dans certains romans comme la représentation d'extra-terrestres. De nombreuses civilisations antiques ont idéalisé une forme ovoïde du crâne.

Des chercheurs (Heidelberg, Allemagne, 2022) ont réussi à créer un univers miniature présentant une expansion. Pour cela ils ont refroidi (vide, ralentissement par laser) un gaz de plusieurs dizaines de milliers d'atomes de potassium K jusqu'à soixante nanokelvins, la phase fluide quantique obtenue étant alors un condensat de Bose-Einstein (un superfluide s'écoulant sans résistance). En éclairant le condensat (l'ensemble fait environ l'épaisseur d'un cheveu !), on peut contrôler la disposition dans l'espace (donc la densité locale du milieu) ainsi que les forces exercées entre atomes. Cela leur a permis de déplacer les atomes

de la même manière qu'ils le feraient dans un univers à grande échelle ayant une courbure donnée (révélée expérimentalement par la manière dont la trajectoire de la lumière est courbée à proximité d'un objet massif). Ils ont utilisé des ondes sonores pour simuler la manière dont la lumière serait effectivement courbée dans le monde à grande échelle (les ondes sonores suivent le plus court chemin entre deux points comme la lumière le fait dans notre univers).

Implications en ce qui concerne la genèse : ces expériences tendent à prouver que des particules pourraient émerger du vide dans un univers en expansion. Un ébranlement apparu dans le milieu primordial (principe d'imperfection, fluctuations) créerait alors les particules non pas instantanément comme dans les genèses du passé ou lors d'un Big Bang mais continument jusqu'à effacement de la perturbation.

De multiples univers s'enchevêtreraient alors puisque chaque univers nouvellement créé pourrait engendrer à son tour un ou plusieurs autres. C'est l'idée des univers contenus les uns dans les autres.

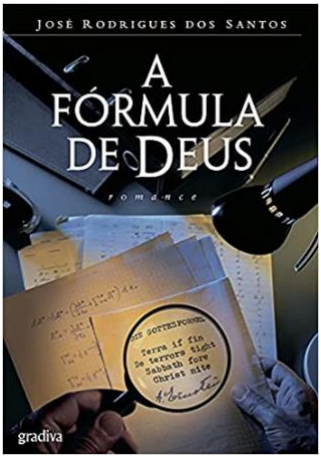
Le prolongement des expériences de simulations de mini-univers que l'on vient d'évoquer pourraient permettre un jour de mettre en évidence l'apparition de structures auto-organisées. On voit combien le rôle des savants dans la notre manière de voir l'univers, de répondre aux questions existentielles, est devenu plus important que les élucubrations des prêtres.

~

Notre univers ne serait en fait qu'un gigantesque calculateur : selon J. Weelher (1990 concept It for bit), l'information suffirait à décrire l'univers, elle serait même la nature fondamentale de la physique. Chaque transformation de la Nature serait associée à un algorithme particulier, un état 0 ou 1 étant associé à chaque particule. Dans des développements plus récents, on considère un brin de matière_énergie qui pourait prendre des états quantiques autres que seulement 0 ou 1 et qu'en outre il peut y avoir de multiples univers. Pourquoi un univers, en particulier le nôtre, se met-il à calculer ? Est-ce le cas dans le milieu premier générateur des univers ou ce milieu premier est-il lui-même le supercalculateur ? Ce n'est pas précisé.

Illustration : A Fórmula de Deus, Gradiva Publicaçoes, S.A., 2006, première de couverture. Dans ce roman, l'auteur, **J. R. dos Santos** imagine un univers

ordinateur qui développe l'intelligence biologique dans le seul but de construire une intelligence supérieure inerte bien au-delà des capacités humaines. Dieu est en quelque sorte généré par ce grand ordinateur universel (résultat de la fusion de tous les super-ordinateurs conçus par l'homme). L'humanité est donc un moyen de régénérer l'univers, ce qui donne un sens à notre vie. … *Einstein a conclu que l'univers existe pour créer l'intelligence qui en créera un autre* … Dans ce scénario, notre vie humaine est écrite à l'avance. Le grand ordinateur universel découvrira également la formule magique lui permettant de renaître, tel un phénix, après le Big Crunch. On a ainsi une alternance de genèses et de fins des temps. Le roman est paru en 2006 (the Einstsein enigma en traduction anglaise). Aujourd'hui, en 2022, cette intelligence inerte très supérieure à celle de l'homme pourrait être un ordinateur quantique. Cette supermachine ayant une motivation (celle de se régénérer après le Big Crunch) devrait être consciente (on a proposé dans Ydunéa que la pensée consciente soit un état obtenu lorsque le nombre de brins conscients couplés est suffisamment élevé ce qui est envisageable pour la machine à partir d'un certain degré de développement). Le processus ressemble à une intelligence artificielle qui se développerait comme un organisme vivant en accroissant elle-même et sans cesse les capacités de l'ordinateur dans lequel elle avance, progresse, prospère (le dernier type de machine de traitement de l'information qui s'auto construit, voir ci-dessus). Mais une intelligence artificielle a un but, par exemple aujourd'hui celui d'identifier au mieux une forme à partir de quelques détails, reconstituer une mosaïque entière à partir de quelques carreaux. Elle peut apprendre par elle-même à être toujours plus efficace dans ce travail. Néanmoins l'homme lui a fixé un objectif. Dans le scénario ce ne peut être l'homme lui-même puisqu'iln'est qu'un outil. Alors qui fixe l'objectif, qui guide la construction de la Machine ? Ydunéa répond à cette question par le principe d'harmonie qui tend à la réunion, communion de tous les brins élémentaires d'énergie vibration masse information conscience. La supermachine se construirait alors en retenant parmi tous les algorithmes inventés par l'intelligence artificielle seulement ceux qui peuvent conduire à la communion communication universelle.



Toujours à propos de l'hypothèse des univers_ordinateurs : les défenseurs des religions traditionnelles dénoncent dans ces visions d'univers_ordinateur des modèles dénués de spiritualité, les confondant

avec les automates sans âme ou conscience inventés par les hommes. Ce même reproche est d'ailleurs fait à l'intelligence artificielle. En fait, ceux qui croient en Dieu pensent dur comme fer que l'âme est en quelque sorte introduite chez l'homme par Dieu. Ils croient aussi qu'elle est une essence immortelle. D'un autre côté, les scientifiques qui font l'hypothèse des univers_ordinateurs évitent d'évoquer le sujet de l'âme, de la spiritualité, par peur du ridicule, des tabous. En vérité, un modèle d'univers_ordinateur peut intégrer la conscience (et donc la spiritualité) dès lors que l'on admet l'hypothèse que la conscience imprègne par essence même toutes choses dans l'univers.

L'idée d'univers_ordinateur vient en fait de la conjonction des concepts d'homme-automate, monde automate, univers automate déjà présents dans la philosophie et du concept d'information, plus récent et qui envahit aujourd'hui toute la physique. L'information apparait comme un attribut des particules (et des diverses constructions faites avec elles, atomes, cristaux, macromolécules) au même titre que la matière ou l'énergie. Par ailleurs l'hypothèse prend du corps dès lors que l'on admet que l'ordre des choses est de nature mathématique. Toute transformation peut alors être modélisée par un algorithme qui ne fait que transcrire en programme les grands principes de la physique. Il reste cependant une difficulté de taille : si ordinateur il y a alors qui est l'opérateur qui l'utilise ? Dieu, une civilisation supérieure ? Alors on tourne en rond et revient à l'impossibilité d'expliquer le Bien et le Mal

~

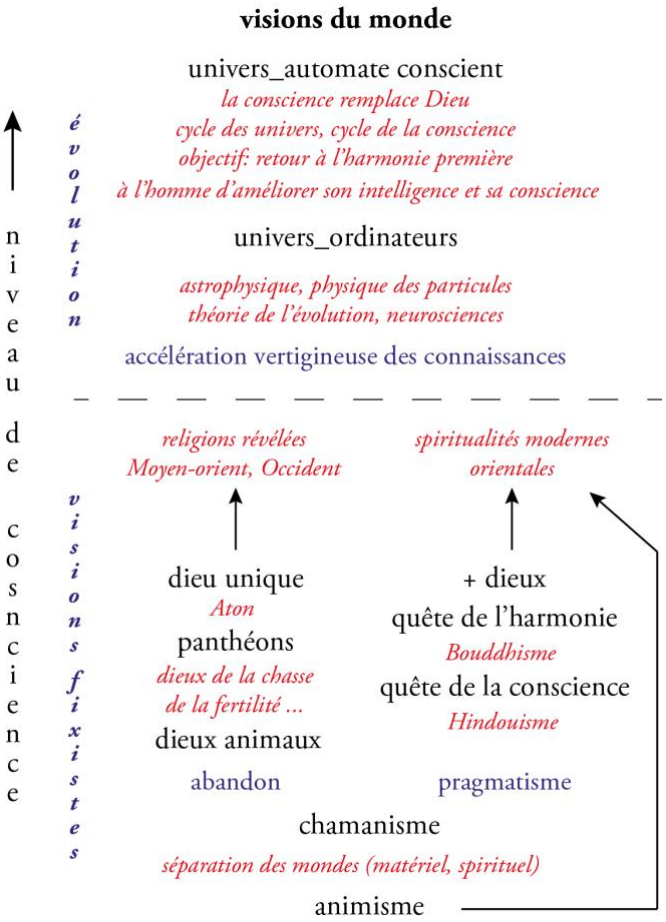


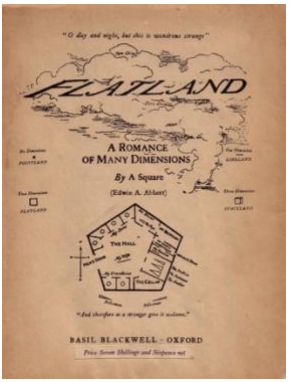
Illustration : évolution des croyances humaines au fil du temps. Des germes de conscience existent en de très nombreux points de l'univers prêts à accélérer le retour inéluctable à l'harmonie première, certains plus avancés que d'autres. L'espèce humaine n'est que le développement de l'un de ces germes apparus sur la planète bleue, une tentative parmi d'autres dont l'avortement n'aurait guère d'importance dans le cycle des univers, celui de la conscience. L'homme commence tout juste à comprendre tout cela mais, à travers l'animisme, il a eu très tôt l'intuition que tout pourrait être connecté dans la Nature. Aujourd'hui, en raison de l'accélération vertigineuse des connaissances, c'est aux physiciens et aux spécialistes des sciences de la vie de nous proposer des visions du monde empreintes de spiritualité. Le temps des prêtres est révolu. Certains physiciens assimilent le milieu primordial à un milieu quantique parfait (hyperfluidité,

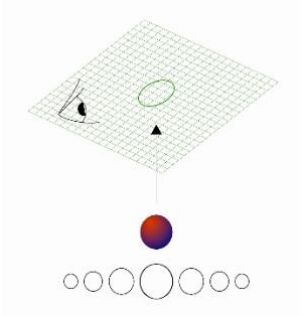
communication instantanée, condensat) au sein duquel des fluctuations peuvent apparaître. Les perturbations associées créeraient des changements de métrique espace-temps, de courbure d'univers engendrant la création de particules. Tant que la perturbation n'est pas totalement amortie, effacée, ce processus pourrait se poursuivre.

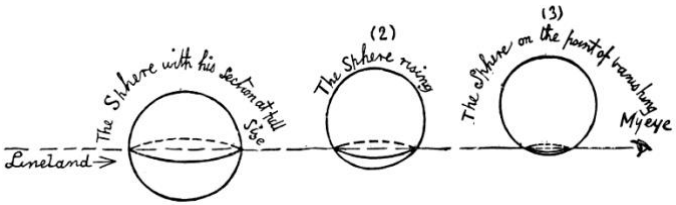
~

Sur l'univers, genèse, dimensions

Flatland : un observateur vit sur Flatland, un 'plat pays' à deux dimensions (son monde) qui est en quelque sorte traversé par un monde sphérique à trois dimensions. Il voit alors apparaître un cercle dont le rayon croit, atteint un maximum puis redécroit jusqu'à disparaître. Le pouvement de cette forme n'est pas pour lui une isométrie puisque le cercle change de dimensions. Pourtant, dans le monde à trois dimensions qui contient (entre autres) Flatland, il s'agit du déplacement d'une en translation d'une sphère. Pour un habitant de ce monde 3D, il s'agit bien d'une isométrie. Il y a invariance dans le monde 3D et pas dans le monde 2D.





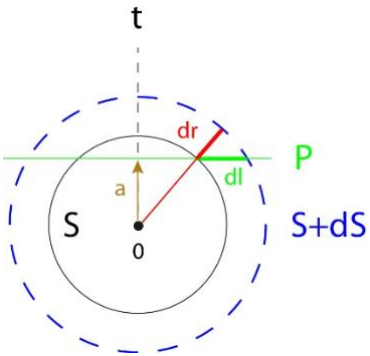


Illustrations : Flatland.

Nous pourrions donc avoir une fausse perception de l'expansion de

l'univers dès lors que nous vivons dans des dimensions réduites.

Illustration : O origine, Bang / S sphère univers_perturbation / dans un intervalle de temps dt l'univers_ perturbation s'étale de dr mais un habitant du plan P_monde à 2 dimensions apparu au temps t=a percevrait lui une variation dl > dr, avec dl= $dr/(1-a^2/r^2)^{1/2}$. Il aurait donc l'impression que l'expansion de S est plus forte qu'en réalité. Si l'étalement r est linéaire en fonction du temps, dl semble en revanche s'accélérer. Enfin, si a=0 (création immédiate de P, monde 2D de notre habitant, alors ce dernier n'observerait pas de différence)



On pourrait critiquer car si l'observateur est lui-même dans ce monde en expansion, lui-même y serait soumis. Cependant, il pourrait vivre dans un monde confiné. On peut prendre l'exemple d'un électron piégé autour d'un atome Il ne verrait que l'espace dans lequel il se déplace. Un électron mathématicien pourrait faire des hypothèses sur le monde extérieur celui d'un gaz d'atomes en expansion auquel appartient l'atome considéré, alors que lui, électron, reste confiné dans son monde autour du noyau.

~

Quelques questions

Qu'en penser ? : selon certaines personnes, tout ce que nous pensons ou imaginons serait réalisable.

Réaction : en imaginant des opérations, en postulant de nouvelles règles de symétrie, en envisageant des dimensions supplémentaires aux nôtres, des espaces qui pourraient être en expansion de manière anisotrope (différemment selon les axes), les mathématiciens inventent des nouveaux mondes. Certains nous paraissent irréels mais quand on va dans le monde de l'infiniment grand ou de l'infiniment petit, à des échelles très différentes de notre échelle humaine, il apparait que ce que nous appelons la réalité pourrait être bien différente de nos premièrs perceptions immédiates, celles de notre vie quotidienne. Un exemple bien

connu est celui de la relativité générale qui nous impacte peu pour l'instant dans la vie quotidienne mais qui permet d'aller plus loin dans notre compréhension du monde.

Ceci a amené certaines personnes à imaginer que tout ce qui peut être imaginé par les mathématiciens pourrait être réalisable. Un monde, dès lors qu'il serait imaginé par la pensée, la conscience, aurait une réalisation quelque part, dans d'autres dimensions !

Selon le principe d'unicité qui régit notre monde, une pensée consciente est un objet comme un autre dans notre monde, une construction_transformation qui ne dure qu'un temps. On peut donc l'étudier, la modéliser. La dynamique des pensées obéit à des lois mathématiques, des principes d'économie, moindre action, symétries. On doit préciser les opérateurs mathématiques, chercher les invariants. Tous les êtres vivants ont un certain sens mathématique préexistant car ils ont été construits selon l'ordre mathématique.

Illustration : Pixabay, génie_2575891_1280, génie_lamp_g85dfd943_1920/ Les dimensions sont dans la lampe d'Aladin, à l'état potentiel, le tout T*. Le génie de l'homme, par la conscience, les fait apparaître peu à peu.

~

Par quel extraordinaire processus une nouvelle dimension serait-elle créée ?

Réponse : une nouvelle dimension n'apparait pas ex-nihilo. Elle est à l'état potentiel. Le Tout T* contient une potentialité infinie de créer des dimensions. Au départ, dans le modèle origami, aucune n'est déployée, c'est le néant informe.

La conscience est elle aussi une potentialité du Tout T*. Elle apparait

avec le déploiement des dimensions. Les dimensions d'un monde disparaissent à la fin de ce monde, lors de sa redissolution dans le Tout et la conscience avec. En ce sens l'âme n'est pas immortelle, contrairement à ce que pensait Socrate à la fin de sa vie.

~

La dépendance en $1/r^2$ des grandes lois de la physique prouve-t-elle que notre espace a bien trois dimensions x, y et z

Réponse : pas forcément ! Considérons une source de lumière qui émettrait un flux lumineux dans un plan x, y et de manière isotrope (donc avec la même puissance d'émission dans toutes les directions). Alors l'énergie lumineuse arrivant et repartant en tout point d'un cercle de rayon R, centré sur cette source serait la même. Autrement dit l'énergie reçue varierait selon une loi en $1/R$. Le même raisonnement dans l'espace x, y, z conduit à une variation en $1/R^2$, et dans un espace à N dimensions, à une variation en $1/R^{N-1}$. Le seul fait que l'intensité lumineuse, la force électrostatique, la force de gravitation varient en $1/R^2$, ce que nous observons expérimentalement, devrait alors nous amener à penser que notre monde a bien trois dimensions. En 1917, P. Ehrenfest a montré que la trajectoire d'une planète serait instable dans un monde à 4 dimensions d'espace (expulsion d'une orbite circulaire vers l'infini ou vers l'étoile attracteur après une trajectoire en spirale). Il en serait de même pour les électrons tournant autour d'un atome à deux dimensions. Est-ce pour autant une preuve ? Oui si l'on considère que toutes les lignes de champ ou de flux s'éloignent de la source de lumière (de la charge, de la masse, …) pour se diriger vers l'infini sans jamais se croiser ou se réunir. On peut imaginer (pure supputation) un monde où des lignes de champ ou flux reviendraient vers la source en formant des boucles. Dans ces conditions l'argument de P. Ehrenfest ne serait plus valable. Nous pourrions bel et bien faire partie d'un monde ayant plus que les trois dimensions d'espace habituelles x, y et z.

~

Question : si un monde à n dimensions est extrapolé à n+1 dimensions, toutes les règles du premier s'appliquent-elles au second ?

Toute règle valable dans le monde n+1 s'applique-t-elle au monde n ?

Éléments de réponse : s'inspirer du passage des nombres complexes ordinaires aux quaternions (quand on passe aux hypercomplexes on doit jeter du lest, libérer en quelques sorte en introduisant un objet d'ajustement, en l'espèce un scalaire), réfléchir en termes de symétries, opérateurs, invariants

Qu'en penser ? : les constantes physiques qui nous paraissent si mystérieuses avec leurs successions de décimales parfois étranges pourraient-elles avoir une expression plus simple dans un autre monde, un monde généralisé.

Genèse et symétries, mondes parallèles

Vrai ou faux ? Les symétries augmentent en même temps que les dimensions. Dans certaines genèses imaginées par l'homme, le milieu premier est le néant, le 0D, le point. Ce milieu parfait n'aurait donc aucune symétrie ? (Ou alors une infinité, ce qui reviendrait au même)

La perfection du Tout T* non perturbé correspond au point (la monade de l'antiquité grecque. The point refers, in cosmogony of Pythagoreanism to the Supreme Being, divinity, God, here the origin of the totality of all things. It is à la fois dimensionless and timeless, sans formes, sans différences, homogène et isotrope.

C'est la rupture de cette perfection qui modifie l'état de symétrie. Quant au temps, il n'est que la perception par les choses vivantes de la dynamique de retour à l'équilibre).

Le ruban de Mobius est un moyen facile de comprendre comment un milieu primordial peut permet donner naissance à deux mondes distincts. Une bande de papier qu'on ferme sur elle-même en joignant ses deux extrémités de manière à former un cylindre présente deux faces distinctes, intérieure et extérieure. Si on la tord la bande de papier avant de la refermer sur elle-même, on obtient alors un ruban de Mobius qui n'a plus qu'une seule face. Si on coupe cette bande alors on obtient à nouveau deux surfaces. Deux mondes ont été créés à partir du monde iniltial.

Il en va de même pour les volumes quand on considère une bouteille de Klein pour laquelle in n'y a ni intérieur ni extérieur. Une rupture de la bouteille peut rétablir deux volumes distincts. Là encore deux mondes ont été créés à partir d'un milieu primitifunique.

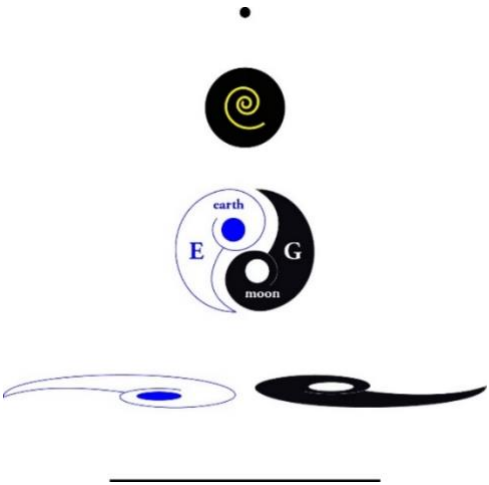
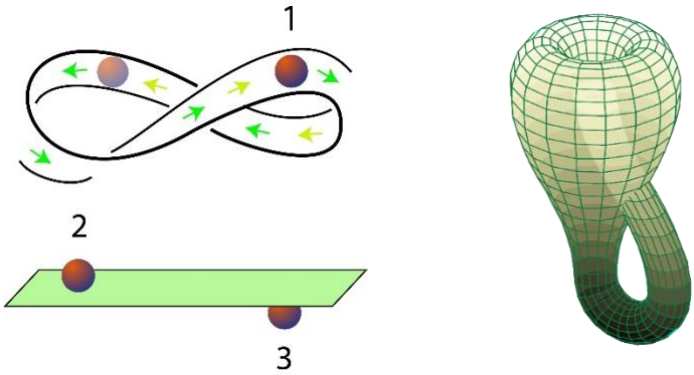


Illustration : modèle de la fiction, création d'un univers, noyau ponctuel initial, chaos, apparition des dimensions et du temps, de la pensée consciente, du Bien et du Mal.



Illustrations : ruban de Mobius : la bille 1 évolue sur une même surface_monde / lorsque le ruban est couplé et aplati, les billes 2 et 3 évoluent

sur des surfaces_mondes distinctes / des effets quantiques peuvent conduire des mondesparallèles à s'interpénétrer/ bouteille de Klein (wikimedia). Tttrung, travail personnel, CC BY-SA 3.0

Les dimensions, deux associées aux surfaces et trois aux volumes caractérisent l'anisotropie. La rupture d'un point (par nature isotrope), créé une droite aussi associée à une anisotropie. Les symétries apparaissent à la création des univers.

Une fois un univers particulier créé, tout devient une question d'équilibre, de régulation, avec des turbulences plus ou moins fortes ou lissées, aussi bien en ce qui concerne les transformations de la nature que la pensée consciente. La dualité du Yin 陰 et Yang 陽 dans la Chine ancienne correspond aux oscillations associées au processus de retour à l'équilibre par dissolution progressive de la perturbation qu'est l'univers nouvellement créé. Au départ, le Yin était associé au versant obscur d'une montagne et le Yang à la partie ensoleillée. Plus tard ils ont symbolisé respectivement poir le premier le froid, sommeil, l'inaction, la tranquillité, la lune, la féminité, et pour l'autre le chaud, l'élan de vie, l'action, le mouvement. On a vu plus haut, à propos de la pensée cosnciente, comment le Bien est souvent associé à l'inaction, un état d'inconscience et le Mal à l'action, les deux se succédant sans cesse en cherchant à s'équilibrer.

~

About the genesis :

Bible: in the beginning, God created the heavens and the earth.

Illustration: Ovid's Metamorphoses (metamorphoses, chaos, pars I): **before the sea and the earth appeared, and the sky covering them, nature was only a shapeless and fuzzy mass, an accumulation of poorly shaped and wrong tuned blocks. It was chaos.**

~

quantum cosmology (general relativity + quantum physics): each universe is born from the quantum vacuum fluctuations of a primordial bath. In this sea, constantly agitated by waves of energy, ephemeral particle-antiparticle pairs form. More often than not, their annihilation is accompanied only by a local bubbling of energy, the 'foam of space-time.' On the other hand, and in other cases, this does not happen, and matter energy then emerges from the void.

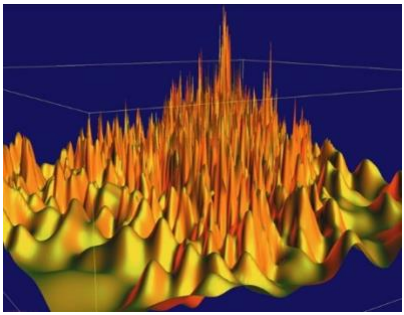


Illustration: A. Linde, Stanford University, computer simulation of the emergence of the universes from the quantum vacuum. Multiple fluctuations generate multiple universes parallel or nested within each other.

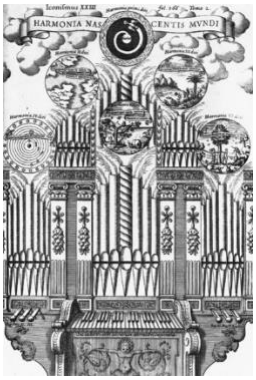
~

time and dimensions: in Hexameron (Milan 4th century), St Ambrose says that time did not exist before our world. Much later, in the 13th century, Guillaume d'Auvergne took up this idea again: 'Whoever asks the question 'before the zero time, did anything exist?' in fact asks this other question 'did anything exist in the time preceding the beginning of time?'! This same author writes about dimensions (space): the world has no exterior, no beyond, since it contains and embraces any chosen one.

The nothingness (neither time nor space nor limits) from which the universe emerges appears in most geneses (Nun in the mythology of ancient Egypt).

Illustration: Hexameron, St Ambrose, parchment from the end of the 10th century, Paris, BnF.

~



Illustrations: Left, Gustave Doré for 'Paradise Lost' by John Milton. … then he takes in his hand the golden compass, prepared in the eternal treasure of God, to trace the circumference of this universe and all created things …

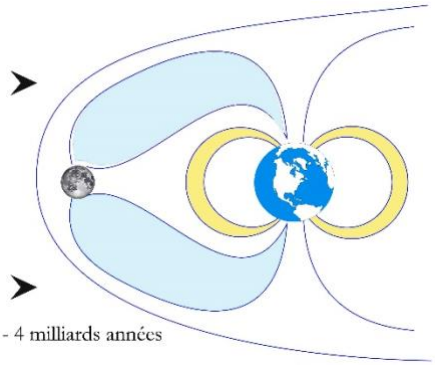
Right, World and music / the organ of the creation of the Jesuit father Athanasius Kircher, in Musurgia Universalis (the universal work of the Muses,

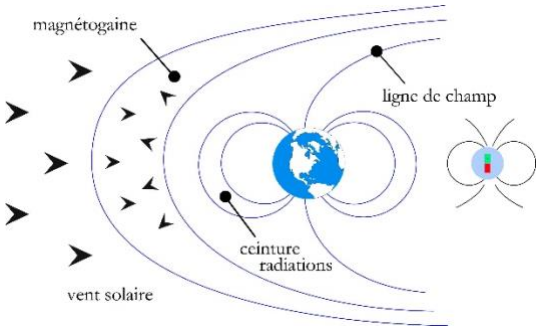
a treatise on musicology), Rome, 1650, Paris BnF, reserves rare books. The author considers music as a branch of mathematics, and our world is an organ. Harmonic relations obtain from cosmic harmony, which derives from divine harmony (God is the organist). This point of view is a resumption of the visions and Platonic according to which the cosmos is a harmony of multiple vibratory things.

universe and mathematics: in the Timaeus, Plato describes the world's creation as the setting in order, in harmony, of a fuzzy, undifferentiated primordial state, thanks to higher or transcendent principles of geometric order. Mathematics will then become the underlying reality of our world, more generally of all universes. For some Christians, they are an attribute of God (represented with a compass in medieval iconography).

Sur le miracle de la vie : même certains physiciens ou biologistes parmi les plus avertis sont tentés de croire que le 'miracle de la vie' comme ils le nomment induirait forcément l'idée d'un créateur. En cela première remarque ils projettent avec orgueil et narcissime une conscience humaine sur un être surhumain ! Pour s'en tenir aux arguments avancés, l'un d'entre eux tiendrait à la configuration relative exceptionnelle des astres soleil, planète bleue et lune qui a permis de retenir l'eau sur la planète. La planète bleue bénéficie en effet de conditions particulières, entre autres une protection vis-à-vis des vents solaires qui l'éroderaient, l'assécheraient, la rendraient aussi désolée et impropre à la vie ADN que la lune ou encore la planète mars, ceci en raison de la magnétosphère (distribution de champ magnétique) engendrée par les incessants courants tourbillonnaires de métal liquide qui entourent le noyau de la Terre. Celle-ci devient alors une sorte d'aimant qui éloigne, repousse, contrecarre sans cesse le plasma constitutif des vents solaires, des particules chargées éjectése de l'étoile de la planète bleue, notre soleil. Une onde de choc se forme à la limite de la 'magnétogaine' dans laquelle ralentissent les particules incidentes jusqu'à être renvoyées vers le vide interstellaire au niveau d'une frontière qualifiée cette fois de magnétopause. Ainsi est protégée la Terre, ainsi a-t-elle eu le temps de voir naître la vie. Le navire 'planète bleue' fend les vagues solaires déferlentes. Les somptueuses et étranges aurores boréales sont une manifestation des interactions existant entre la magnétosphère et les vents solaires.

Alors ces conditions particulières qui ont permis à la terre de conserver son eau (et dans cette affaire la lune n'est pas étrangère à la situation, il y a de cela quatre milliards d'années, elle était trois fois plus proche de la terre qu'aujourd'hui et sa magnétosphère la protégeait des vents solaires, mieux encore, les magnétosphères de la lune et de la terre se recoupaient, les atmosphères pouvaient s'inter pénétrer) sont interprétées par certains comme une volonté divine. Pourtant il y a de l'eau partout dans l'univers. Les exoplanètes découvertes, autrement dit astres susceptibles de la retenir à l'état liquide sont sans cesse plus nombreuses. La statistique laisse prévoir que des situations anlaogues ont une forte probabilité d'exister ailleurs. Cet argument avancé pour introduire les dieux, le grand horloger, est donc de bien piètre valeur.





Un autre argument très souvent mis en avant est celui des valeurs des constantes physiques indispensables à l'interprétation des phénomènes de la nature que l'homme est capable d'appréhender à ce jour. Dans l'état actuel des connaissances, les constantes physiques que les scientifiques ont dû introduire pour modéliser, mathématiser la nature présentent en effet des valeurs très 'critiques' à savoir qu'une très faible variation entraînerait l'impossibilité que notre univers ait pu exister. Pour donner une idée de la finesse inconcevable avec laquelle l'univers paraît avoir été réglé, on propose de la comparer à la prouesse d'un joueur de golf qui, depuis la planète bleue, parviendrait à loger sa balle dans un trou situé quelque part sur la planète rouge. Rappelons alors (cité en tête de cette annexe) que la NASA a réussi en 2020 à faire atterrir la sonde Osiri-Rex à la surface de Benou, un astéroide situé à 300 millions de km de la

planète bleue (la Lune est 'seulement' à 380.000km de la Terre !). Mars est située à environ 225 millions de km de la Terre. Mais la raison principale qui incité à la prudence est que nous ne connaissons qu'une très faible partie de l'univers, celle qui est perceptible par les sens humains limités. En 2020 on en est même au point de se demander si les premières molécules de la vie n'auraient pas pu arriver d'un autre point de l'univers. En effet, l'eau est présente partout à tel point qu'on n'est même plus sûr que les premières molécules de la vie soient indigènes (sans que cela ne remette en doute le fait que le milieu de la planète bleue ait également pu être à l'origine de la vie sur Terre). Il y a donc de fortes probabilités pour qu'une vie ADN.

Enfin, la théorie du chaos, des catastrophes, l'effet papillon nous démontrent l'énorme sensibilité de l'évolution d'un processus en fonction des conditions initiales. La démultiplication permettrait rendre encore plus critique le réglage des conditions initiales ayant permis la constitution de l'univers dans lequel vit l'homme, tel qu'il le perçoit. De nombreuses surprises nous attendent sans doute encore sur le sujet des chaos en cascade.

Nous avons également insisté sur le fait que l'homme est un instrument de mesure douteux qui peut se laisser berner par ses sens. Pire, étant fait de la même essence que ce qu'il observe, il perturbe la mesure, on va en parler dans le prochain item.

Toutes les visions de la nature faisant appel à un créateur plutôt qu'au modèle de grand automate, celui de Krawn, relèvent aujourd'hui de spéculations. Bien souvent le facteur décisif qui incline telle ou telle personne à choisir un modèle donné, quelle que soit son intelligence, est d'ordre affectif. C'est trop dur de ne pas avoir de réponse, alors on tente de s'auto-persuader, dans le même processus mental que celui qui conduit à une conversion soudaine dans le domaine de la spiritualité.

~

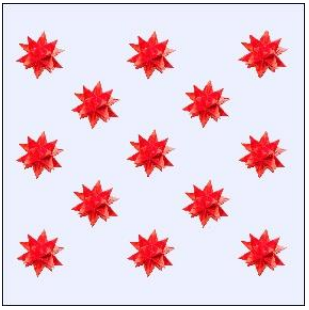
On a suffisamment insté dans l'œuvre sur les imprécisions des langues, le flou sur l'interprétation des mots, à cet égard les mathématiques sont exemplaires en ce qu'elles précisent règles et concepts. Deux mathématiciens peuvent se comprendre, deux philosophes ou deux religieux, c'est quasi impossible ! On a également parlé de l'intérêt qu'il y aurait à refonder la communication humaine, langage, mots, alphabet, en y adjoignant sans doute des idéogrammes, tout cela sur la base de signatures cérébrales. Pour l'instant et dans ce libre fourre-tout que chacune est amené à critiquer, nous allons rappeler ce qu'on entend ou doit comprendre quand on utilise le mot dimension en mathématiques, cela avant de présenter l'image du monde origami.

Au sens mathématique, les objets que l'on étudie (dénombrement, formes, symétries, transformations diverses, …) peuvent être ponctuels (dimension zéro, 0D, le point à l'origine de toutes choses dans certaines spiritulaités avant que en se déploie le monde ont nous faisons partie), linéaires (dimension 1, 1D, un tracé curviligne pour lequel indiquer x depuis une origine 0 permet de connaître la position d'un point M, cet objet ponctuel 0D ayant la liberté d'être positionné partout sur cette courbe, mais il est contraint d'y demeurer), plans (dimension 2, par exemple une feuille dont on négligerait l'épaisseur, la position d'un point objet 0D est précisée par deux nombres réels x et y par rapport à une origine arbitrairement choisie, pour une même valeur de x le point peut être positionné librement avec n'importe valeur de y, le plan ou espace 2D peut être engendré par la translation de l'axe des x, objet 1D avec toutes les valeurs possibles de y), volumiques (dimension 3, 3D, la position de chaque point d'un même objet volumique est précisée par 3 nombres réels, une valeur de x n'implique en rien une valeur particulière de y et z, un couple x, y n'implique en rien une valeur de z, les coordonnées x, y et z sont indépendantes, autrement dit aucunement liées, l'espace 3D peut être engendré par la translation d'un objet 2D, x, y, selon le 3ème axe z).

La position d'un objet, au max volumique id 3D dans le monde des hommes et à l'état statique (ou bien à un instant t fixé) est donc repérée par x, y, z, dans un espace à 3 dimensions. Mais si cet objet bouge, alors les physiciens utilisent pour décrire les transformations dynamiques trois dimensions supplémentaires associées aux vitesses (ou quantités de mouvement) selon x, y et z. On parle d'espace des phases. C'est utile entre autres dans l'étude du chaos. Ce sont des dimensions par ce qu'au sens des liens ou contraintes ou libertés respectives, le positionnement seul ne peut expliquer le mouvement. Les objets se meuvent en général dans des champs de force qui varient avec la position, id des potentiels d'interaction, V(x,y, z). Les trajectoires ou plus généralement les transformations déppendenta aussi de l'énergie cinétique (vitesse v, quantité de mouvement p=mv). Deux objets (ou mobiles) ayant même forme, structure, constitution, placés au même endroit peuvent en conséquence avoir des trajectoires ou subir des transformatiosn différentes. La position seule ne suffit pas à déterminer le mouvement. On a besoin aussi des 3 quantités de mouvement. On voit bien dans cette affaire que la notion de dimension est liée à l'abscence de lien ou contrainte entre l'une ou l'autre des dimensions. Le fait que, dans un espace x1, x2, …, xn, l'on observe la nature avec une valeur donnée, précise sur l'axe 1D xi fixée, connue, n'implique en rien que l'on doive attribuer des valeurs particulières aux autres xj, j différent de i. On dit (wikipedia) que **le nombre de dimensions est le nombre de variables indépendantes nécessaires pour caractériser un état.**

En vue d'unifier la physique, les divers types d'interaction, ce qui se passe à diverses échelles, les physiciens sont amenés à imaginer des mondes avec plus de dimensions spatiales que les trois dimensions habituelles x, y, z. Ces dernières seraient capables de se déployer à l'infini alors que d'autres non directement percepyibles par l'homme se refermeraient sur elles-mêmes. Certains modèles de la théorie des cordes supposent ainsi qu'il y aurait six dimensions spatiales de plus limitées en extension à une taille de l'ordre de la longueur de Planck. Notre univers se serait 'ouvert', déployé, s'ouvrirait, se déploierait, tel un origami. La grande dynamique du retour au Tout T*, matrice première de toutes choses et suivant le Bang, nécessiterait de libérer toujours plus les contraintes, accroître toujours plus les degrés de liberté. Moins de contraintes, plus de degrés de liberté (moins il y a de voisins et plus on

est libre, ce sont les autres qui nous mettent en cage !), plus de dimensions, donc plus de symétries (en particulier plus possibilités de réflexions, une réflexion étant une rotation autour d'un axe), plus de portée pour les ondes associées aux objets (accroissement de la longueur d'onde).



Bing.com / create, prompt : a universe which would unfold from nothing and like an origami, starry background, wide vieworigami. Right: mondes multiples similaires.

~

À propos des mondes parallèles : dans les modèles des cordes, les physiciens envisagent un déploiement partiel de dimensions. Si plusieurs mondes se déploient parallèlement, de manière assez similaire, la coexistence initiale pourrait elle par intrication établir des ponts entre ces divers mondes ? Transferts de pensée ?

Commentaire : nous revoici plongés dans les fantômes, pas ceux de E. Swedenborg avec ses âmes bienveillantes ou malveillantes influant sur notre vie quotidienne dans des allaer-retours incessants entre le monde des esprits et celui où nous vivons, mais dans des aller-retours entre des mondes qui pourraient se ressembler étrangement. Il s'agit de la réalité 'à cheval' sur plusieurs mondes dont Krawn parle à Joy dans la fiction.

~

Métavers: definition of metaverse, Wikipedia: a virtual-reality space in which users can interact with a computer-generated environment and other users.

Nous ne serions pas réels, mais virtuels : certains croient sérieusement que nous vivons déjà dans un monde virtuel. Nos malheurs seraient en quelque sorte des défauts du jeu.

USA_25 janvier 2022 : la société META annonce la mise en service prochaine du plus grand ordinateur au monde consacré à l'intelligence artificielle. Réaction d'un internaute :

Nous serons condamnés à vivre dans des camps_prisons, privés du vrai ciel, des vrais arbres, des vrais oiseaux, de l'odeur des fleurs dont seuls jouiront encore les maîtres du Métaverse. Enfermés dans des cellules_capsules, sans possibilté de nous déplacer, nous serons auto-alimentés et hygiéniquement entretenus, cérébralement implantés, connectés à uen machine. Elle guidera et contrôlera nos actions virtuelles et émotions, contrôlera le Bien et le Mal, tels que définis par nos nouveaux maîtres. Peu à peu nos libertés, notre libre choix, s'estomperont. Nous n'aurons plus aucuen raison de vivre, d'exister à nos yeux comme à ceux des maîtres. Ils pourront alors nous anéantir aisément, préférant les robots. Une nouvelle humanité pourra renaître, sans qu'il n'y ait une quelconque guerre.

Si le sujet du Métavers déchaîne autant de passions en Occident, c'est pour grande part parce que les gens se surestiment. Ils pensent que l'homme est quelque chose d'extraordinaire, même s'il l'est moins que Dieu, empreinte culturelle chrétienne. Les détracteurs du Métavers oublient la vraie nature du plaisir des sens. Ils confondent l'acte avec sa perception. C'est cette dernière qui in fine constitue le plaisir si bien que chacun pourrait se sentir heureux simplement par le contrôle du cerveau, du système hormonal avec une stimulation artificielle des sens. Des implants placés au bon endroit délivreraient des signaux imitant ceux qui

résultent des capteurs naturels visuels, auditifs, olfactifs, tactiles, gustatifs. Le contrôle pertinent des phases d'effort_action_mal suivie de sensation de Bien assurerait le bien-être.

La question essentielle pour décider si oui ou non nous pourrions passer à cette étape est de connaître la vraie place de l'homme dans la Nature, les questions existentielles que nous avons posé dans la préface, 'what's it', à savoir d'où venons-nous ? Qui sommes-nous ? Où allons-nous ? Si nous sommes des créatures d'un Dieu qui nous a créés imparfaits, l'idée que l'homme puisse déclencher sa propre mutation est diabolique. La seule pensée que l'on puisse envisager de se séparer d'une part de notre enveloppe physique, notre scaphandre biologique, remplacer le grouillement des viscères par un générateur capable de garantir le même métabolisme de manière plus optimale serait inacceptable ! Pourtant, si l'on considère l'évolution, en particulier la céphalisation, la pensée prend une importance de plus en plus considérable et dans le passé tout ce qui était moins important a été mis en sommeil ou a disparu. L'odorat a considérablement diminué chez l'homme parce qu'il était moins nécessaire au vu des performances combinées de la vision et de la préhension (mains).

Si l'homme, comme on peut le penser, n'est pas quelque chose d'essentiel dans la nature, alors peu importe qu'il décide ou non de muter dans le sens que l'on vient de préciser. Certains pourraient préférer garder une structure humaine complète (sans rejeter une évolution modérée, en profitant des découvertes de la génétique) et d'autres pourraient préférer une rupture plus rapide pour accélérer les capacités mentales.

L'enveloppe corporelle actuelle limite l'homme en particulier en ce qui concerne le déplacement dans l'espace-temps. Si la conscience est bien associée au couplage d'un ensemble énorme de vibrations et que nous arrivons à la modéliser, nous porrons la copier. Faute de pouvoir faire voyager l'homme actuel, nous pourrions transmettre son mental à des vitesses phénoménales et peut-être pouvoir reconstiteur ailleurs un noyau de la néo-humanité.

Quel est pour nous aujourd'hui le choix le plus pertinent ? Se précipiter sur Mars, espérer peupler une exoplanète ? Ou alors l'urgence

n’est-elle pas de multiplier les efforts en vue de mieux connaître la conscience ?

~

Vie éternelle

Reprenons les résultats des expériences menées sur les larves de poisson_zèbre (item repères_ plasticité du cerveau et mémoire_poisson-zèbre) montrant que le cerveau est le siège de processus de construction_destruction permanente de synapses. Quand une expérience sensitive est jugée_considérée comme de première importance pour la vie de l'animal, alors elle stockée en tant que nouveau trajet fermé (ce que nous avons appelé boucle_circuit_grappe de neurones) pouvant être globablement stimulé par circulation de l'influx nerveux. Cela nécessite la disparition de certaines synapses au profit d'autres. C'est une nouvelle interconnexion qui se produit comme si dans dans l'enchevêtrement d'un réseau ferroviaire complexe on démontait et remontait de très nombreux aigllages, ici des synapses.

Que penser de l'âme du poisson, de la vie éternelle ? Difficile de ne pas penser que pour ce petit animal, tout s'arrête avec la mort, la destruction des synapses ! Mais cela, c'est sans compter sur certaines théories des mondes parallèles selon lesquelles la vie de notre poisson pourrait se décliner en une nouvelle vie parallèle chaque fois que l'animal doit faire un choix. A la vue d'un prédateur, il peut choisir de se réfugier dans une anfractuosité de rocher ou alors de fuir désespérément. Deux vies s'offrent à lui. S'il fait le premier choix, il restera en vie. S'il fait le second, alors il sera dévoré et la vie correspondante s'arrêtera. Dans ce dernier cas, cette déclinaison de la vie du poisson va mourir. En revanche, la déclinaison _existence du poisson réfugié dans le récif, née du 1er choix, se poursuivra. Dans cette théorie, de nouvelles vies se créent sans cesse, à chaque choix. Au-delà des chances de prolonger sa vie que lui procure la capacité à régénérer certains de ses organes, un poisson_zèbre, comme tout autre animal apte à faire des choix conscients, peut ainsi prolonger sa vie. Les tenants de cette thèse affirment même que nous vivrions à cheval sur des mondes parallèles. Cela expliquerait que certaines personnes à force de penser au malheur finissent le vivre, d'autres idem

avec le bonheur et la chance.

Conjecture de H. Everett (1957) : la réalité serait à cheval sur des mondes multiples. Voici un extrait de son livre 'à la croisée des mondes' : *ce monde, comme tous les autres univers, est né du résultat des probabilités. Prenons l'exemple du jeu de pile ou face : la pièce que tu lances peut retomber sur pile ou sur face, mais on ne sait pas à l'avance de quel côté elle va tomber. Si c'est sur face, ça veut dire que la possibilité qu'elle tombe sur pile a échoué. Mais juste avant qu'on la lance, les deux possibilités ont les mêmes chances. Si, dans un autre monde, la pièce tombe sur pile à ce moment-là, les deux mondes se séparent. J'utilise l'exemple de pile ou face pour que ce soit plus clair. En réalité, ces échecs de probabilités se produisent au niveau des particules élémentaires.*

Critique : une spécificité de la vie est la capacité à faire des choix. Ils sont incessants si bien qu'admettre qu'un monde nouveau s'ouvrirait chaque fois qu'un être vivant ferait un choix reviendrait à admettre que les univers se multiplieraient indéfiniment en embranchements, enlevant par là-même son sens à ce mot univers du moins tel que nous le concevons. Ce modèle est donc souvent contesté, en particulier au profit d'autres hypothèse comme celles des mondes parallèles qui découlent de la théorie des cordes (terme pris dans son appellation large, incluant donc les théories des supercordes).

Illustration : paradoxe du chat de Schrödinger, © CC0 public domain. Une boite contient un chat qui est, on n'en sait encore rien mort ou vivant. En ouvrant la boîte, on peut constater que le chat est vivant mais cela ne veut pas dire que dans un autre uinvers il ne pourrait pas être vivant. Selon Hugh Everett, le chat mort et le chat vivant existent dans deux univers qui ont bifurqué dès

lors que la question s'est posée. L'observation ne donne qu'un aspect de la réalité complète qui inclut toutes les possibilités. Ce qui n'est pas vrai dans un univers peut l'être dans l'autre.

Au niveau de la conscience, cela revient aussi à admettre que tout ce que nous pensons existe, est réel ou réalisable dans l'un des multiples mondes.

Cette conjecture de H. Everett a pour origine le fait qu'au niveau quantique le seul fait d'observer une particule peut changer son état. Cela semble évident au niveau microscopique dans la mesure où un observateur quelle que soit sa nature, inerte (appareil de mesure) ou encore vivante (être vivant, homme), est fait de matière_énergie_vibration et est en conséquence naturellement enclin à établir un couplage avec la chose observée (et vice-versa). L'extrapolation au niveau macroscopique est problématique pour bien des chercheurs qui ont alors proposé d'autres modèles. Pour certains, il pourrait y avoir une multitude d'univers comme il pourrait n'y en avoir qu'un seul, le nôtre. Si plusieurs univers sont apparus il y a 13,7 milliards d'années, en parallèle, alors on devrait pouvoir en déceler une trace sous forme de radiations dans notre univers. On a aussi proposé l'existence d'un monde miroir du nôtre fait d'antimatière avec un temps qui remonterait (s'écoulerait en sens inverse du nôtre) et avec une géométrie inversée.

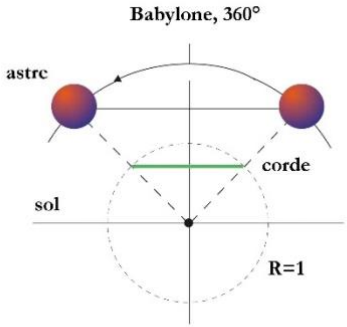
Ce qui est sûr est qu'en 2022, il n'est pas possible de conclure, nous ne savons que trop peu de choses, en particulier sur le fonctionnement de la conscience.

~

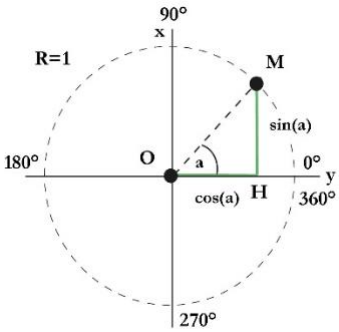
Résonance

vibrations et périodicité :

Le découpage du cercle en 360 secteurs existait déjà à Babylone où plusieurs systèmes de numération coexistaient dont l'hexadécimal (base 16 : symboles 1 à 9 puis A, B, C, D, E, F correspondant respectivement à 10,11, 12, 13, 14 et 15. Exemple : $[2BF]_{16} = [2.\ 16^2 + 11.\ 16^1 + 15.\ 16^0\ ]_{10}$). Les astronomes, intermédiaires entre les dieux et les hommes suivaient la course des planètes et mesuraient la corde corespondante sur un cercle de rayon unité. Cela permettait en particulier de discuter de l'épineuse question de la rotation de la Terre autour du soleil plutôt que son inverse. Plus tard on a constitué des tables (Hipparque de Nicée en Grèce, 150 BC, relais par les astronomes d'Inde au 5ème siècle AD durant la période sombre du christianisme qui a bien failli éteindre à tout jamais le génie scientifique de l'Occident. Le sinus et le cosinus ont ensuite été définis dans le triangle OMH ainsi que la tangente MH/OH=sin(a)/cos(a). Plus tard encore en Occident on a créé la notation complexe en associant au point M le nombre complexe cos(a)+i.sin(a)=exp (i.a) où cos(a) est l'abscisse de M et sin(a) son ordonnée.



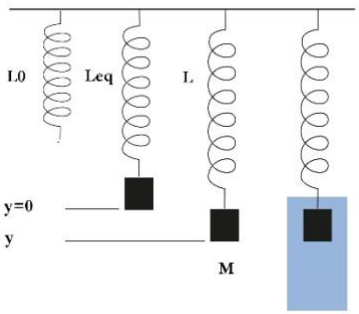
naissance de la trigonométrie



Toutes sortes de relations dites trigonométriques peuvent être trouvées facilement, en particulier $\sin^2(a) + \cos^2(a) = 1$ qui correspond au théorème de Pythagore (connu en fait bien avant, Mésopotamie, Égypte antique) appliqué au triangle OHM ou encore la relation $\sin(b+c) = \sin(b).\cos(c) + \cos(b).\sin(c)$. Supposons que l'angle a varie de Δa petit. On peut alors écrire :

$\sin(a+\Delta a) = \sin(a).\cos(\Delta a) + \sin(\Delta a).\cos(a) \approx \sin(a) + \Delta a.\cos(a)$, ceci parce que pour un angle très petit le cosinus est proche de 1 et le sinus proche de 0. On en déduit : $\sin(a+\Delta a) = \sin(a).\cos(\Delta a) + \sin(\Delta a).\cos(a) \approx \sin(a) + \Delta a.\cos(a)$, puis $[\sin(a+\Delta a) - \sin(a)] / \Delta a \approx \cos(a)$. Les mathématiciens disent que cos(a) est la dérivée par rapport à a de sin(a) et écrivent $d[\sin(a)]/da = \cos(a)$. Cette relation permet de calculer la variation de la fonction sin(a) avec la variable a.

De la même façon on pourrait montrer que -sin(a) est la dérivée de cos(a). En répétant l'opération on obtient ce qu'on appelle la dérivée seconde notée $d^2[\sin(a)]/da^2$ égale donc à $d\{d[\sin(a)]/da\}/da = d[\cos(a)]/da = -\sin(a)$. Bien évidemment et comme on pouvait s'y attendre la variation (ou dérivée) d'une fonction périodique est également périodique mais dans notre cas nous retrouvons au signe près la même fonction pour la dérivée seconde que la fonction de départ. Ce fait permet des simplifications considérables dans la modélisation mathématique.



Mouvement périodique d'un ressort : considérons un ressort vertical auquel est suspendu une masse M. La longueur de départ du ressort est L0 mesurée quand aucune masse n'est attachée. Une fois la masse M suspendue, dans la position de repos ou équilibre le ressort prend une longueur Leq telle que $M.g = k.(Leq - L0)$, condition d'équilibre statique, où k désigne ce que l'on appelle la raideur du ressort. La force de rappel équilibre alors la force de pesanteur.

Si maintenant, en partant de cette position d'équilibre, de cet état statique, on tire sur la masse et qu'on la relâche, le système se met à osciller, on passe en régime dynamique. La masse va se déplacer périodiquement et on repère alors sa position y au cours du temps t comme indiqué sur le schéma. Aux temps t et t+dt les positions verticales de M sont y(t) et y(t) + dy(t). L'équation de la dynamique (Newton) s'écrit :

$$M.\ d^2(L-Leq) / dt^2 = M.g - k.(L-L0) = Mg - k.(L-Leq) - k.(Leq-L0)$$

Avec la condition d'équilibre statique et la relation L-Leq=y, on obtient :

$$Md^2y/dt^2 + (k/M).\ y = 0$$

À l'évidence un sinus peut être une solution puisque nous avons fait remarquer qu'en dérivant deux fois un sinus, on retrouve au signe près ce même sinus. En prenant $y= y_{max}.\ \sin(\omega.t)$, on obtient $d^2y/dt^2 = -\omega^2.\ y_{max}.\ \sin(\omega.t)$ et l'équation précédente conduit alors à $\omega^2 = k/M$ ce qui permet de trouver la fréquence f de l'oscillation du système ressort-masse puisque $\omega= 2.\pi.f$ ou la période $T=1/f= 2.\pi.\ \sqrt{(M/k)}$. On note très souvent cette pulsation ω_0 pour indiquer qu'il s'agit d'un cas idéal, à savoir sans amortissement, une oscillation qui ne s'arrêterait jamais… $\omega_0^2 = k/M$.

Dans la pratique les oscillations sont le plus souvent amorties. Pour étudier le phénomène on peut plonger la masse M dans un bain d'huile comme indiqué sur la figure. La force de frottement proportionnelle à la vitesse de la masse M, s'écrit $F=- \mu.\ dy/dt$ et l'équation de la dynamique devient alors :

$$d^2y/dt^2 + 2.\ \lambda.\ dy/dt + (k/M).\ y = 0 \quad \text{avec } \lambda = \mu\ /(2.\ M)$$

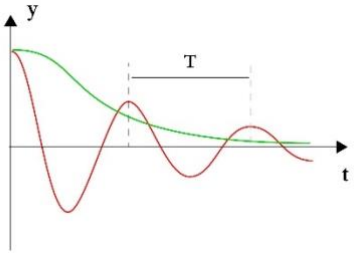
La solution de cette équation différentielle conduit à des comportements différents, qualifiés de pseudo-périodique selon les valeurs respectives des second et troisième coefficient de cette équation.

Dans le cas où λ est inférieur à ω_0 alors $y(t)= y_{max}. \exp(-\lambda.t). \sin(\omega.t + \phi)$

où y_{max} et ϕ dépendent des conditions initiales (élongation de départ). Il s'agit du régime qualifié de pseudo périodique. La masse oscille avec une amplitude qui décroit jusqu'à s'annuler et une pulsation $\omega= \sqrt{(\omega_0^2-\lambda^2)} = 2.\pi / T$.

Dans le cas où λ est supérieur à ω_0 alors $y(t)= y_{max}. \exp(-\lambda.t)$

où y_{max} et dépend des conditions initiales (élongation de départ). Il s'agit du régime qualifié d'apériodique. Il n'y a aucune oscillation, l'amplitude décroit régulièrement.

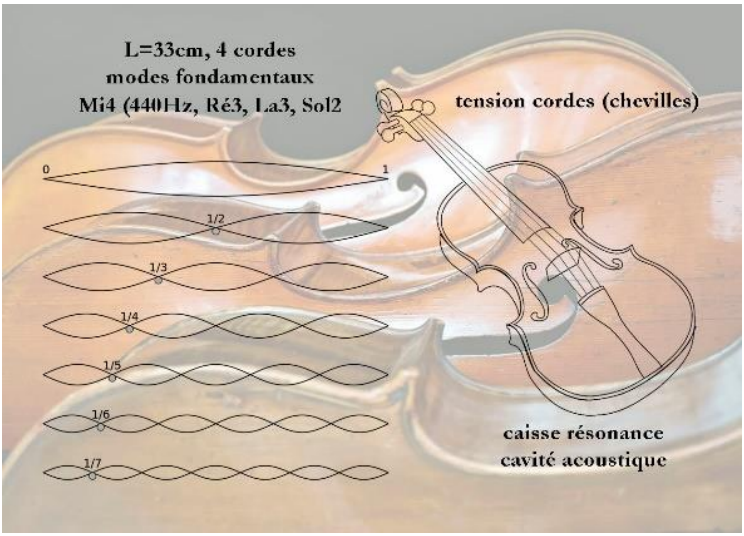


Nous reverrons ces distinctions quand nous discuterons des automatismes. Soulignons néanmoins l'importance de ce sujet. Si tout l'univers vibre, alors le retour à l'équilibre peut se faire selon l'un ou l'autre mode ce qui peut avoir des conséquences extraordinaires sur le devenir de notre univers considéré comme un gigantesque système oscillant.

Dans l'exemple présent, le système ressort-masse revient à l'équilibre dans un environnement (le bain d'huile) qui le freine. Par analogie, dans la fiction, après le Bang, l'univers (simple perturbation du Tout) revient à l'équilibre dans un environnement qui est le Tout (bain d'huile). De la même manière que la mesure de λ et ω permettent de recueillir des informations sur μ et donc sur le milieu environnant (les caractéristiques de l'huile), l'observation du retour à l'équilibre de multiples univers (crées après autant de Bangs) permettrait de remonter aux caractéristiques du Tout.

~

Musique et vibrations : dans les instruments de musique à corde, une corde fixée à ses deux extrémités, de longueur L, de masse par unité de longueur m, est soumise à une tension selon son axe (par exemple la corde vibrante d'un instrument de musique tendue à l'aide d'une cheville). Sous l'effet d'une sollicitation transversale (doigts du musicien) en l'un de ses points, la corde se met à vibrer.



Le mouvement transversal de la corde est une combinaison linéaire d'harmoniques k et de fréquences $f_k = [\sqrt{(}\text{Tension appliquée}/\mu)]. k / (2L)$, μ étant la masse par unité de longueur de la corde considérée.

Le mode fondamental de vibration est associé à k=1 ; le jeu d'amplitudes relatives des harmoniques k détermine la sonorité ou timbre de l'instrument. En jouant sur la tension des cordes de l'instrument, sur sa section (choix d'une corde plus ou moins épaisse, rôle de μ), sur sa longueur éventuellement en écrasant avec le doigt en un point de la corde (réduisant ainsi sa longueur) le musicien peut ainsi créer des sons de fréquences très variées. La qualité de la musique va, en plus de la dextérité propre des mains du musicien, dépendre de la caisse de résonance de l'instrument, la partie creuse de l'instrument de musique ou cavité acoustique dans laquelle les vibrations des cordes sont transformées en sons. Par ailleurs, on sait que le spectre humain audible s'étend de 20Hz

à 20kHz.

Dans la musique occidentale on utilise 8 octaves, de 0 à 7 :

Octave 3 : 440Hz pour la note 'La' / la fréquence de la note Do varie de 32,7Hz (octave 0) à 4186Hz (octave7) / la fréquence de la note Ré varie de 34,6Hz (octave 0) à 4698Hz (octave7) / la fréquence de la note Mi varie de 41,2Hz (octave 0) à 5274Hz (octave7) / la fréquence de la note Fa varie de 43,6Hz (octave 0) à 5588Hz (octave7) / la fréquence de la note Sol varie de 49Hz (octave 0) à 6272Hz (octave7) / la fréquence de la note La varie de 55Hz (octave 0) à 7040Hz (octave7) / la fréquence de la note Si varie de 62Hz (octave 0) à 7902Hz (octave7).

Pour le violon, L=33cm. Les modes fondamentaux des cordes sont Mi4, Ré3, La3, Sol2 (Mi4 se rapporte à la note Mi de l'octave 4, 440Hz).

Lorsque le musicien joue, excite une corde, il le fait de façon transitoire et non pas entretenue. La ou les vibrations créées de la corde vont s'amortir et avec l'excitation de la cavité acoustique, donc le son perçu par l'auditeur, laissant la place à une autre action du musicien créant un nouveau son. La succession de ces évènements transitoires crée la mélodie, le morceau de musique. Sans cet amortissement ce ne serait que cacophonie.

Mais tant que cette onde n'est pas atténuée, la corde vibre avec les fréquences f_k. Les conditions aux limites, la longueur finie de la corde, jouent en fait le rôle de filtre, pour ne permettre qu'à ces fréquences de s'exprimer.

Il s'établit, pour reprendre le langage des physiciens, un système **d'ondes stationnaires.** En pratique que se passe-t-il ? La déformation initiale transversale imposée à la corde par le musicien en un point va engendrer une force de rappel contraire destinée à faire revenir la corde à l'horizontale, à l'image de ce qui se passe avec un ressort vertical supportant une masse m et sur lequel on tirerait (le ressort va alors se mettre à osciller jusqu'au retour à l'équilibre). Dans notre cas, le point M va se mettre à osciller verticalement (transversalement par rapport à la corde) et, de plus, il va transmettre ce mouvement au point immédiatement voisin sur la corde et ainsi de suite. De proche en proche, la vibration va se déplacer jusqu'au point où la corde est fixée. Faute de

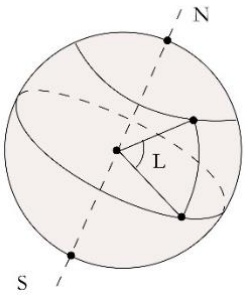
pouvoir aller plus loin (inertie trop grande du bâti sur lequel sont fixées les cordes, la vibration n'aura pour solution que de rebrousser chemin. Elle va effectuer des allers et retours entre les deux points de fixation extrêmes, à la vitesse $v= \sqrt{(tension/\mu)}$ en créant des ventres (maximas) et des nœuds de vibration. Les extrémités sont évidemment des nœuds. Pour l'harmonique fondamental, le ventre est au milieu de la corde.

La longueur d'onde est reliée à la fréquence par la relation $\lambda=v/f$ ou encore $\lambda=v.\ T$, T désignant la période. Ceci est valable pour chacun des harmoniques. On aura donc $\lambda_k= 2.\ L/k$

Musique et création du monde : emportés par un élan mystique, certains voudraient que la musique soit à l'origine de la création du monde. En réalité il en est des sons comme de toutes les manifestations de la nature. On y retrouve les nombres, l'auto-similarité, les interférences, les fractales, le chaos. La musique ne saurait pourtant être le principe créateur, compagnon du souffle de vie, comme certaines croyances d'Asie le prétendent.

Vouloir associer la musique à la création du monde revient à confondre cause et effet.

Dans la même disposition d'esprit certains voudraient faire croire que les monuments les plus emblématifs de la spiritualité humaine seraient à des latitudes L particulières (19°5 en particulier). Voici pour mémoire quelques valeurs : grande pyramide 29,6 (Le Caire latitude 30°3) / Mexico 23°6 / Nazca 14°5 / Gobekli Tepe 37°1 / Athènes 37°6 / Teotihuacan 19°7, pyramide du soleil / Jérusalem 31°8 / Carnac 47°6 / Stonehenge 40°8 / Angkor 13°4 / Lhassa 26°7 / Machu Pichu 13°1. On peut bien sûr s'attendre à ce que certains phénomènes géologiques se manifestent plus à des latitudes particulières. L'activité volcanique (Hawai, Vénus), les vortex créés dans le magma comme dans l'atmosphère peuvent résulter de la simple géométrie de la planète, de ses symétries, des lois physiques ou encore des conditions conduisant au chaos. La latitude 19°5 magnifiée par certains auteurs perd alors tout mystère.



Dans Joy et les planètes bleues, les univers émergent du chaos, la vie

de Joy est à cheval sur plusieurs mondes, partagée par ses sœurs jumelles.

~

Oscillations entretenues : l'exemple précédent concernait des oscillations amorties très présentes dans la nature : le vent agite une feuille, elle se met à osciller puis le mouvement s'amortit et elle revient au repos. On jette un caillou dans l'eau, il crée un mouvement oscillatoire vertical concentrique qui va se se déplacer, une vague circulaire qui va se propager, s'atténuer jusqu'à disparaître. On pousse une balançoire une seule fois et elle va faire des allers et retours jusqu'à revenir petit à petit au repos.

Mais on peut aussi entretenir un mouvement oscillatoire en lui apportant périodiquement de l'énergie, à moindre coût énergétique si on s'y prend bien. Ainsi il suffit d'accompagner le mouvement de la balançoire, de lui redonner une petite impulsion au moment où elle s'apprête à repartir pour un nouvel aller-retour. Cette action, menée 'en phase' comme disent les physiciens, permet d'entretenir le mouvement oscillatoire. Dans le cas d'une corde vibrante, un mode de fonctionnement forcé, encore appelé mode entretenu peut être obtenu par excitation (magnétique entre autres, bobine d'excitation parcourue par un courant alternatif) de ses modes de vibrations fondamental ou harmoniques. Il suffit pour cela que le courant excitant la bobine qui va attirer ou repousser périodiquement la corde ait la fréquence correpondante. Une très faible sollicitation peut alors suffire à faire vibrer notablement la corde sur une fréquence f_k. La membrane d'un haut-parleur excitée par un courant sinusoidal de fréquence donnée, fixe, entretenu, va créer un signal acoustique (compression-dilatation de l'air) durable (autant que le courant d'excitation) à la même fréquence et perçu par l'oreille humaine s'il est dans le spectre humain audible [20hz, 20kHz].

Un système physique donné peut être sensible à une fréquence dite propre ou de résonance f_0 pour laquelle il va adopter un comportement particulier. Une sollicitation extérieure à la même fréquence même très faible mais répétée va conduire à une amplification considérable. Les petites causes s'accumulent, autrement dit les petites énergies apportées s'emmagasinent dans le système. On sait dans certains cas comment

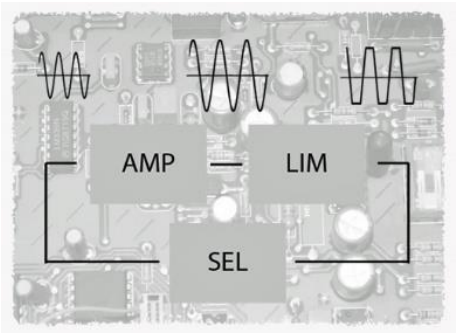
limiter, contrôler le phénomène avant d'arriver à la destruction totale que causerait une trop forte accumulation d'énergie. Cette maîtrise permet à l'homme de fabriquer des outils très utiles, oscillateurs électroniques, laser entre autres.

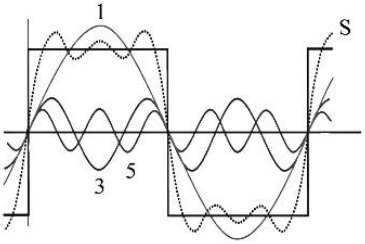
Dans d'autres cas le phénomène de résonance peut conduire à une catastrophe. Le maintien de sollicitations 'en phase' même de faible amplitude, comme dans le cas de la balançoire, peut conduire à un emballement du système qui peut conduire à sa destruction. Ainsi a-t-on vu des tabliers de pont céder en raison du dépassement de la limite élastique (retour à l'équilibre après un étirement ou une torsion des éléments structurels tels que les poutres métalliques, id retour à la configuration géométrique de départ ou repos quand on fait cesser l'excitation extérieure). En cause les multiples, faibles mais répétées actions du vent ou des vagues ou encore du passage à pas cadencé militaire d'un bataillon. Le 16 avril 1850, plus de 200 soldats français ont péri dans l'effondrement du pont de la Basse-Chaîne à Angers, construit 14 ans plus tôt, l'un des premiers ponts suspendus construits en France. Les cables côté rive droite ont cédé l'un après l'autre après l'entrée en résonance de la structure sous la sollicitation de la marche au pas des soldats. Dans d'autres cas de destruction connus de ponts c'est simplement la houle ou le vent qui ont entraîné la mise en résonance.

Bing.com / create, prompt : the Broughton Suspension Bridge near Salford, England collapses while a group of British soldiers were marching across, 1831.

Le principe de résonance trouve des applications en électronique. Il permet de concevoir des oscillateurs électroniques. Rappelons brièvement leur principe : une fluctuation de tension électrique (bruit électronique) à l'entrée de l'amplificateur AMP permet à l'oscillateur de démarrer. A la sortie la tension amplifiée est réinjectée après passage dans un circuit sélectif SEL, un filtre qui laisse préférentiellement passer une gamme de fréquences réduite. Plus exactement à sa sortie il délivre un signal de type sinusoïdal de fréquence f_0. Dans le système ainsi bouclé la

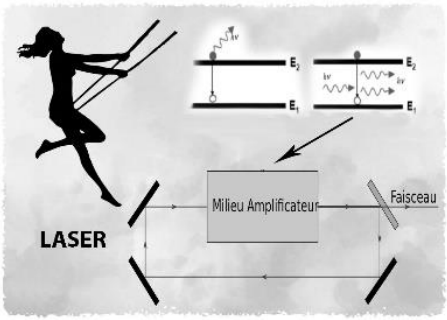
tension électrique grandit de plus en plus. Un limiteur écrête le signal sinusoïdal sortant de AMP. En pratique c'est le plus souvent le phénomène de saturation des transistors de l'amplificateur qui écrête le signal. Ce phénomène limite la puissance électrique fournie par l'alimentation électrique continue et qui leur permet de fonctionner. Le système ne peut donc pas s'emballer (un courant électrique augmentant indéfiniment conduirait à la destruction du système par échauffement, effet Joule).





décomposition d'un signal périodique carré en une somme de sinusoides

Complément à propos du filtre SEL : un signal périodique de forme quelconque et de fréquence f_0 peut être considéré comme la somme de sous-signaux sinusoïdaux (appelés composantes ou harmoniques de Fourier) de fréquences f_0, $2f_0$, $3f_0$, $4f_0$, $5f_0$, … (Dans le cas du signal carré représenté sur la figure, seuls restent les harmoniques impairs 1, 3, 5, 7, 9, …). Un signal carré entrant dans SEL donnerait en sortie essentiellement un signal sinusoïdal à la fréquence f_0.



Balançoire : quand la balance revient, une légère poussée accompagnant le mouvement (en physique on dit 'en phase') suffit après plusieurs cycles d'allées et venues à faire monter la balançoire assez haut.

Laser : Les oscillateurs laser ont des miroirs réfléchissants qui confinent l'onde lumineuse à l'intérieur d'une cavité, accroissant ainsi son parcours dans un milieu amplificateur. Celui-ci produit plus de photons $h.f_0$ qu'ils n'en reçoit. Un miroir de sortie semi-réfléchissant permet d'extraire une partie de l'onde lumineuse pour les applications. Le système de pompage, et les miroirs formant la cavité, dont le miroir de sortie. Si L désigne l'écartement entre les miroirs, on a la relation $2 \mathbf{x} L =$ (nb entier) $\mathbf{x} \lambda$ avec $\lambda = c/f_0$ où c désigne la vitesse de la lumière.

~

la vie et la conscience

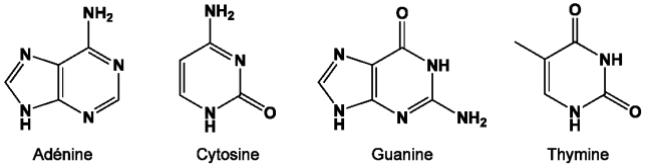
Vie ADN, flux vital
Céphalisation
Conscience, pensée, âme, esprit, …
Conscience, axes de recherche
Enquête
Conscience et évolution
Conscience de soi
Conscience du Bien et du Mal
Comportement
Hormones
Intelligence artificielle
Modélisation de la pensée
Auto-organisation
Au-delà de l'homme

~

Vie ADN, influx vital

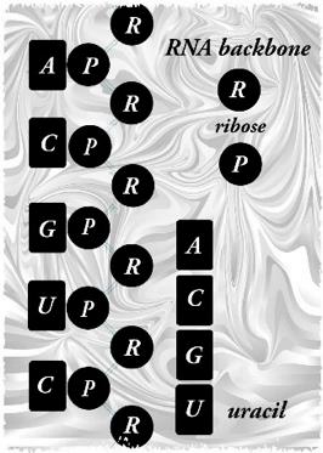
macromolécules de la vie

acides aminés : les acides aminés sont les précurseurs des bases azotées A T G C de l'ARN, de l'ADN, des hormones ou encore des neurotransmetteurs.



ADN : l'information génétique est inscrite dans l'ADN nucléaire. Celui-ci est capable de se dupliquer par un phénomène d'auto-catalyse et de calquer l'information qu'il porte sur une molécule d'ARN messager, ARN_m.

En catalyse, la configuration géométrique tridimensionnelle d'une molécule donnée, de type 1, facilite un arrangement spécifique d'atomes se trouvant à proximité conduisant alors à la synthèse d'une nouvelle molécule, de type 2, généralement différente. Cette configuration agit comme une matrice de moulage. Dès qu'une molécule de type 2 est formée, elle peut partir à l'aventure et la molécule de type 1 (ou plus généralement le 'berceau') peut à nouveau faciliter l'apparition d'une nouvelle molécule de type 2. Une situation particulière est celle où la molécule 1 jouant le rôle de catalyseur facilite l'apparition d'une molécule identique 2=1. Cette dernière une fois fabriquée peut à son tour donner naissance à une autre sœur jumelle qui partira encore à



l'aventure. On parle maintenant d'autocatalyse. C'est ce qui se passe avec les macromolécules d'ADN à la réserve près mais essentielle que de petites variations peuvent apparaître entre la mère et la fille. Ceci permet une évolution chimique structurelle de la macromolécule d'une très grande richesse en raison des nombreuses combinaisons possibles des nucléotides (chaînons constituant l'ADN.

Les macromolécules organiques inertes (hydrocarbures) se multiplient par catalyse. Une autre différence semble résider dans le fait que de l'information circulerait sans cesse au sein des molécules de la vie.

Protéines, ribosomes : les protéines assurent diverses fonctions liées à la structure, aux activités enzymatiques ou hormonales, à la communication (transmission de l'influx nerveux), … Les protéines du corps humain (> 10 000) sont des chaines d'acides aminés, au nombre de 20, dont 8 ne peuvent être synthétisés et doivent en conséquence être apportés par l'alimentation (ARN et ADN sont aussi des chaines mais faites de seulement quatre chainons distincts, quatre bases chimiques). Les chaines adopetnt des configurations spatiales complexes.

La synthèse des protéines est effectuée dans les ribosmes : la fabrication d'une protéine donnée implique 1/ la copie par de l'ARNm (messager) d'une part du génome contenant en quelque sorte la recette de fabrication de la molécule qui doit être synthétisée 2/ la lecture dans le ribosome du message apporté par l'ARNr (ribosomique) 3/ la synthèse proprement dite. Les ARN messagers, ARN_m, prélèvent l'information (la recette) sur l'ADN nucléaire détenteur du code génétique puis pénètrent dans le ribosome. Là, les ARN de transfert, ARN_t, apportent les acides aminés à enchaîner pour fabriquer la protéine.

La production de protéines s'accompagne de mouvements dans l'espace des constituants du ribosome. Les protéines incluses dans un ribosome (assemblage complexe, écheveau de plusieurs dizaines de molécules) communiquent entre elles par des extensions filamenteuses qui serpentent entre les groupements phosphates de l'écheveau d'ARN ribosomique. Les extrémités des extensions filamenteuses agissent comme des **synapses moléculaires**, impliquant des interactions entre les acides aminés aromatiques et basiques (une telle interaction existe

également entre plusieurs neurotransmetteurs et récepteurs dans le cerveau humain).

Des observations faites sur des méduses (réseau de neurones diffus unidirectionnel, premiers animaux à neurones) ont également montré la présence de protéines impliquées dans le fonctionnement des synapses chez les animaux céphalisés, dont l'homme. Autre exemple : chez les bactéries, on sait que des informations structurelles peuvent se propager le long de la trajectoire hélicoïdale complexe d'une protéine ribosomique (bL20 de certaines bactéries thermophiles).

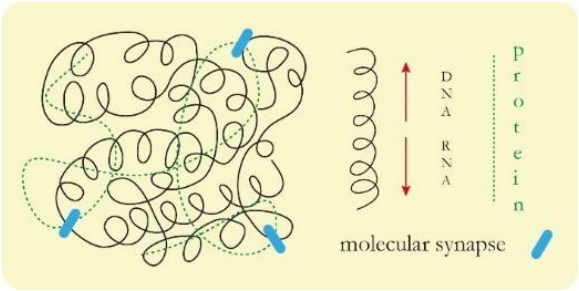


Illustration : pelotes RNA_DNA_protéines dans un ribosome. De l'information peut transiter dans les segments curvilignes hélicoidaux (ARN_ADN). On trouve aussi des synapses moléculaires aux extrémités des extensions filamenteuses des protéines.

Flux vital : proto synapses, proto aiguillages moléculaires, de l'information semble déjà circuler dans les premières molécules de la vie. Dans le cas de l'ADN, les liaisons faibles qui assurent la forme hélicoidale pourraient également selon certaines sources être traversées par un signal. La stimulation répétée stabiliserait alors la configuration spatiale des macromolécules. Pour les ribosomes, certains chercheurs n'hésitent pas à imaginer une corrélation entre le cheminement du signal de protosynapse à protosynapse et l'activité chimique (la tâche à accomplir restant définie par les ARN (rappel fait ci-dessus).

Le contrôle-régulation au sein d'un ribosome est avant tout chimique mais ces chercheurs évoquent un comportement du genre micro-contrôleur. Nombre de philosophes et la quasi-totalité des prêtres croient

en un flux vital magique ou divin qui animerait les choses vivantes, les distinguant alors des choses inertes. Nous avons un embryon de réponse : oui on peut envisager un flux vital si on l'associe à la circulation d'information au sein d'un réseau assimilable à un graphe séquentiel dont les sommets ou nœuds sont réactivés de manière récurrente en orientant le signal d'entrée dans une direction donnée. On peut associer à chaque sommet une séquence de pulses d'activation.

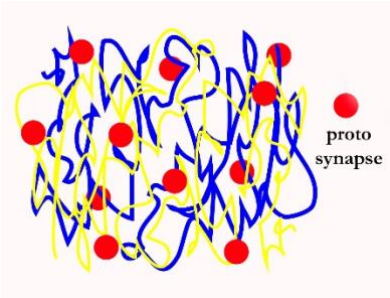


Illustration : amas macromoléculaire vivant, type ribosome. Les chaines ARN_ADN (en bleu) et les protéines (en jaune) ont de très grandes possibilités de vibration. Certaisn chercheurs imaginent qu'ils se comportent déjà comme des minicomputers. La transmission_circulation de l'information se fait grâce à des protosynapses moléculaires.

Une activation spontanée naîtrait comme un signal nait du bruit élctronique (fluctuations) dans un oscillateur électronique.

Complément : l'intelligence des protéines

Les protéines constituant les choses vivantes ont pour particularité de pouvoir se contorsionner de manière plus ou moins libre. Dans ces déformations, une grande variété de liaisons chimiques entre en jeu. Le temps de déploiement ou de changement de configuration est un facteur qui entre en jeu et peut être à l'origine d'effets mémoire.

Premier niveau de réactions chimiques entre acides aminés : une protéine est une chaîne polypeptidique d'acides aminés constituée grâce à la liaison peptidique entre le groupe carboxyle d'un premier acide aminé et le groupe amine NH2 d'un second. La séquence des acides aminés

ainsi enchaînés est qualifiée de structure primaire de la protéine.

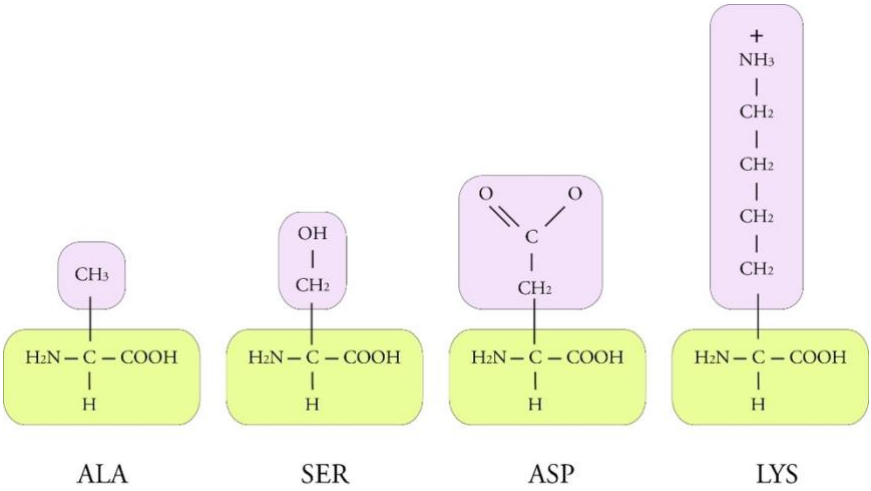


Illustration : constitution des protéines, 4 acides aminés parmi les 20 qui constituent les protéines du vivant, alasine, sérine, acide aspartique et lysine. H_2N est le groupe amine, COOH le groupe carboxyle. La chaine latérale ou radical peut être hydrophile (aime l'eau), hydrophobe (n'aime pas l'eau), chargée positivement (LYS sur la figure) ou négativement.

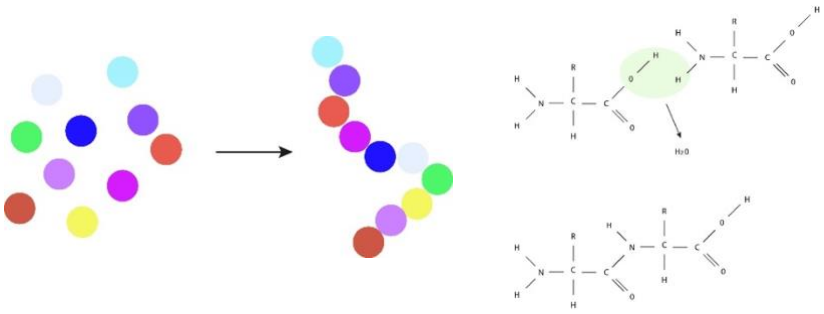


Illustration : liaison peptidique entre le groupe carboxyle d'un premier acide aminé et le groupe amine NH2 d'un second.

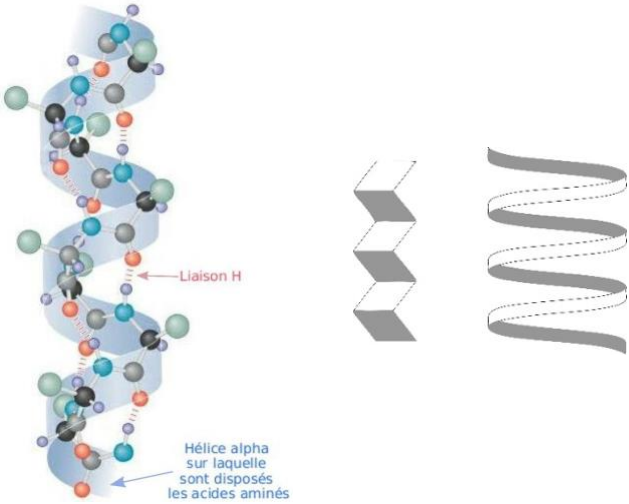


Illustration : liaison hydrogène et structure en hélice. Illustration 158ikimedia, domaine public, National Institutes of Health.

Second niveau : en fait la chaîne ainsi formée a des degrés de liberté, aurtement dit une capacité à se contorsionner, déformer dans l'espace (bien que des angles associés à certaines liaisons chimiques soient imposés) telle que des liaisons hydrogène (liaisons faibles) la poussent à adopter des configurations en feuillets ou hélice. On parle alors de structure secondaire.

Troisième niveau : ces feuillets ou chaînes adoptent une configuration 3D déterminée par des liaisons plus variées entre divers points de la macromolécule, covalentes ou non covalentes (liaisons ioniques, disulfure, hydrogène). La configuration de la 'pelote' est aussi conditionnée par des comportements hydrophiles ou hydrophobes. On parle de structure tertiaire. Enfin, on a souvent affaire à des polypeptides entremêlés.

Par ailleurs, l'intelligence artificielle permet aujourd'hui de reconstruire toutes les protéines.

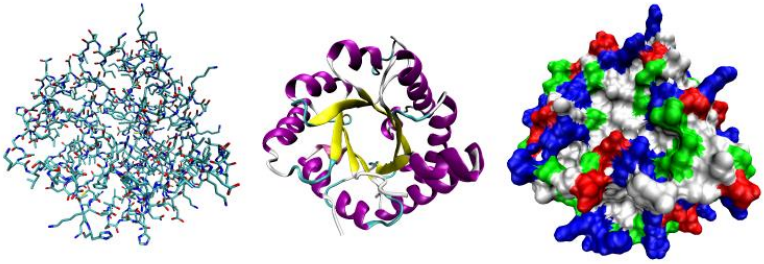
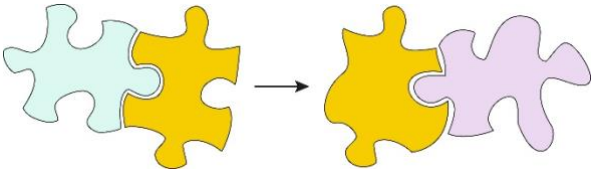


Illustration : configuration 3D d'une protéine. Opabinia regalis, commons 159ikimedia, self created from PDB entry 1TIM using the freely acailable visualization and analysis package VMD. Acidic residues green, basic residues blue, polar residues green, no polar residues white.

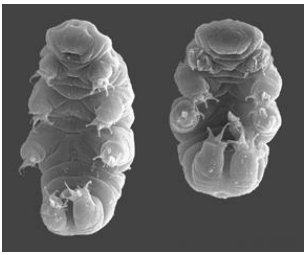
Protéines et métabolisme : dans la chaîne alimentaire animale, les protéines de la proie sont dissociées. Les acides aminés obtenus sont alors réutilisés pour fabriquer les protéines utiles au prédateur.

La vie d'une cellule (essentiellement faite de protéines), son métabolisme, s'expliquent par les fonctions très variées que savent remplir les protéines. Certaines d'entre elles (parofis qualifiées de protéines structurales) transportent des informations de proche en proche jusqu'aux centres de synthèse des nouvelles protéines nécessaires au bon fonctionnement de cette cellule. La déformabilité est essentielle



car une molécule entrante dans la cellule transmet l'information grâce à une clef géométrique. Les deux parties actives des molécules entrante et réceptrice doivent être adaptées pour que le signal passe. La morphologie moléculaire s'adapte sans cesse dans la vie de la cellule, permettant la circulation des informations. Cette manière de coder avec des messagers physico-chimiques est différente du codage binaire des ordinateurs, différente aussi du codage alphabétique que nous utilisons pour communiquer entre les humains et qui d'ailleurs n'est pas forcément le plus pertinent (logogrammes, pictogrammes idéogrammes peuvent aussi faire passer l'information).

La méthode est très efficace. Elle permet (enzymes) d'accélérer si besoin ou au contraire ralentir certains processus biochimiques. Les protéines savent discriminer les molécules car les sites actifs ne se lient qu'au sites adaptés. Le message transmis de proche en proche par des protéines peut alors activer des gènes.



La faculté qu'ont certaines protéines de se déformer de manière réversible permet de ralentir voire mettre en sommeil leur métabolisme (hibernation évoquée dans certains romans SF, tartigrades).

Illustration : waterbear, Willow Gabriel, Goldstein Lab, commons 160ikimedia

Une cellule peut être vue comme un réseau de protéines qui échangent sans cesse entre elles. De la bonne qualité de la communication dépend celle du métabolisme. Le Bien-être est ainsi lié à l'information.

Dans la vie de la cellule, tout n'est pas programmé par les gènes. Une cellule vivante a une vie en soi comme tout autre organisme qualifié de vivant. Elle cherche à s'adapter. L'évolution l'a construite ainsi avec des circuits de réaction qui servent l'instinct de reproduction, lui-même hérité du processus autocatalytique de la réplication. Les cellules savent apprendre et s'adapter car les protéines, en amont, savent le faire.

~

Quelques conjectures …

Chez certains êtres vivants, des protosynapses moléculaires sont déjà douées d'un effet mémoire. Des circuits préférentiels peuvent déjà s'établir pour la transmission de l'information. Ce serait une des explications à l'énigme de la vie. Une macromolécule type ADN, est très complexe. La stabilisation de la configuration hélicoidale serait liée à la vibration d'ensemble, d'un ensemble de nœuds ou centres de vibration (appelons-les ici C_{vib}, voir dans un autre item l'hypothèse d'une implication des atomes de phosphore). Plus tard dans l'évolution, ce mécanisme se reproduirait à échelle plus grande en unissant, faisant communiquer, synchronisant les états d'agitation M_{vib} des amas macromoléculaires (nucléides, ribosomes) répartis dans une même cellule. Des flux d'information circulent sans cesse d'un point à un autre d'un être vivant avec une certaine vitesse (plus tard ce sera la vitesse de propagation de l'influx nerveux). Ce couplage global permettrait de réveiller un ensemble de nuclei intriqués associé à une pensée consciente (un de ces nuclei n'étant pas forcément le nœud-sommet-neurone dans un réseau neural).

Nous sommes encore à l'étape d'une vie biochimique automatique. Même si l'on admet que toutes les choses de la Nature de la plus infime à la plus grande sont dotées de conscience, le niveau est encore beaucoup trop faible pour que cette conscience puisse guider le comportement. La conscience n'est qu'un corollaire.

~

Êtres dépourvus de neurones

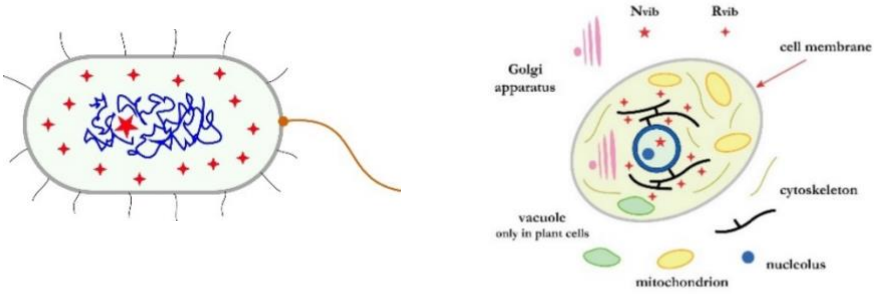


Illustration : les deux types d'unicellulaires, à gauche, une cellule procaryote (pas de noyau, ici une bactérie), à droite une cellule eucaryote (avec noyau). Dans une cellule procaryote, les ribosomes sont répartis dans le cytoplasme sans localisation particulière / dans une cellule eucaryote ils sont localisés près des microtubules constituant le cytosquelette de la cellule (plus précisément, ils sont atatchés au reticulum endoplasmique).

Les croix rouges sont des nœuds de vibration associés aux ribosomes (équivalents des sommets du graphe d'information, activables par des proto synapses), contribution M_{vib} / les étoiles rouges correspondent à des nœuds de vibration qui se trouveraient dans le matériel nucléaire, contribution N_{vib}. On n'a pas encore identifié ces nœuds-sommets avec certitude mais on fait l'hypothèse d'une circulation d'information au sein de ces organismes unicellulaires. Son effet est maintenant d'assister le métabolisme de la cellule.

Organismes pluricellulaires : dans le cas des plantes, la sensibilisation de l'organisme est assurée, entre autres, par des flux d'ions calcium.

Êtres dotés de neurones

L'importance d'un réseau de transmission d'information toujours plus sophistiqué a conduit l'évolution à retenir des cellules spécialisées pour cette tâche, les neurones. C'est un progrès, on sait maintenant localiser les synapses, on peut imaginer des chemins empruntés par l'influx vital désormais qualifié d'influx nerveux.

Les cellules nerveuses différenciées ou neurones sont apparues pour la première fois chez les cnidaires. Ces premières cellules ne sont

cependant pas unidirectionnelles comme les neurones habituels (le signal nerveux peut passer dans les deux sens, et les dendrites sont alors qualifiées de neurites).

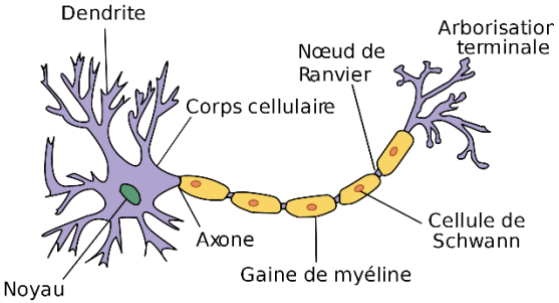


Illustration : Bien qu'il y ait des neurones de morphologie diverses (plus ou moins allongés, avec une distribution dendritique orientée ou isotrope, …), un neurone type peut être représenté comme suit :wikipedia commons / la synthèse des macromolécules se concentre principalement dans le soma (corps cellulaire du neurone la synthèse ou biogenèse des ribosomes a lieu dans le nucléole, la structure interne du noyau / ce nucléole a une taille importante en raison de la forte activité protéique). L'axone est incapable d'assurer sa propre synthèse protéique (pas de ribosomes). Son rôle spécifique des axones est avant tout la transmission d'information. L'axone est en outre une zone riche en microtubules souvent suspectés d'héberger la conscience.

La gaine de myéline est apparue il y a 425 millions d'années chez les placodermes / en plus de son rôle d'isolant et d'accélérateur de la vitesse de propagation du potentiel d'action, la myéline apporte des nutriments à l'axone / composition moléculaire : bicouche lipidique (comme les autres membranes) avec insertion de protéines / exceptionnel enrichissement en lipides (70 à 80% de la masse dans le cas de la myéline alors que l'on est en général à 30 à 40% pour les autres membranes) / lipides de la myéline : cholestérol 40%, phospholipides 40%, glycosphingolipides 20%.

La communication est incessante dans le réseau nerveux d'un être vivant. L'influx nerveux implique la transmission d'un potentiel électrique et de réactions ioniques. Mais ce sujet est généralement bien connu des lecteurs. On parle du rôle des connexions synaptiques dans d'autres items.

Suivi expérimental de l'influx vital

Modéliser la pensée consciente : cela nécessite de comprendre comment s'établissent, se maintiennent, ou encore se modifient sans cesse, les chemins parcourus par l'influx nerveux (vital plus généralement donc flux ioniques également pour les êtres primitifs), comment se fait le trafic avec ses priorités, ses hiérarchies, les interconnexions entre zones dédiées aux divers sens, comprendre comment ces priorités s'autorégulent entre elles avec des processsu chimiques incluant les émissions d'hormones, comment la synthèse de tous ces processus aboutit à la prise de décision, au comportement revient à comprendre la pensée dans son ensemble. C'est aujourd'hui l'un des premiers objectifs des neurosciences.

On en sait chaque année un peu plus sur la manière dont se règle le trafic même si on ne dispose pas encore d'implants suffisamment petits et non invasifs. Au_delà des méthodes d'imagerie médicale permettant de détecter l'intensité moyenne locale d'activité cérébrale corrélée au débit sanguin, l'optogénétique ou encore l'utilisation de nanoparticules dont la position est contrôlée par un champ extérieur ouvrent devraient permettre dans les décennies à venir de cartographier in vivo l'activité vibratoire cérébrale.

Suivi du débit sanguin : la densité du trafic des informations (influx) peut être mise en évidence par une augmentation locale du débit sanguin. Ainsi si l'on incite une personne à garder en mémoire le visage d'une autre (on peut par exemple lui montrant la photo d'un proche et lui demander de penser fortement à elle), alors, une zone particulière du cortex préfrontal est activée dans les deux hémisphères (l'interprétation dans le modèle de Baddeley est que cette zone agirait comme un processeur). L'activité est intense à cet endroit et donc le trafic d'informations (c'est ce critère qui nous importe en premier lieu conformément à ce que nous venons de rappeler le lien entre conscience et circulation d'information).

Optogénétique : il s'agit d'une technique développée depuis les années 2010. On insère dans le génome un gène capable de créer (id codant) une protéine (type opsine) qui est sensible à la lumière. Celle-ci est alors capable de contrôler l'ouverture de canaux ioniques reliant les deux côtés de la membrane ce qui modifie l'état de polarisation. Ceci entraîne alors une libération de neurotransmetteurs et l'activation des neurones du cluster concerné (groupe de neurones activé). L'excitation in situ se fait par des fibres optiques pour les zones internes (diamètre de l'ordre de 50 à 100 microns à comparer à celui des neurones 5 à 50 microns pour certaines structures). C'est donc encore ue méthode invasive. Pour réaliser une cartographie fine des relations entre neurones (chemins parcourus par l'influx), il faudrait aussi pouvoir récupérer le signal induit au niveau de chacun des neurones (mais pour les applications médicales, ce n'est pas indispensable, on peut souvent se contenter de détecter l'activité de groupes de neurones sans être obligé d'accéder à l'état vibratoire de chacun d'entre eux. On peut utiliser un vecteur viral comme sur la figure jointe ou encore créer un animal transgénique. Une variante expérimentale utilise des cellules souches génétiquement opto_transformées qui se greffent aux neurones naturels du cerveau étudié.

Une équipe américaine de l'Université de Pennsylvanie (2019) a mis au point des électrodes vivantes constituées de cellules nerveuses génétiquement modifiées, dans le but de relier les cerveaux aux ordinateurs d'une façon plus durable et sûre. Pour cela, les chercheurs ont donc modifié le génome de cellules nerveuses pour qu'elles répondent aux signaux lumineux. Ils ont placé environ 10.000 de ces cellules modifiées au sommet d'un cylindre de gel soluble dont le diamètre est de l'ordre de grandeur de celui d'un cheveu humain. Les axones des neurones se développent alors le long du cylindre (1mm de longueur) et émergent à l'extrémité. On implante le cylindre dans le cortex visuel de rats. Certains neurones modifiés contenus dans le tube, se développent alors dans le cortex de rat et établissent des connexions avec les cellules naturelles du cortex. Quand on illumine une zone spécifique du cerveau, seuls les neurones chargés d'opsine sont activés. Les implants sans fil et sans pile sont alimentés par des champs magnétiques oscillants externes.

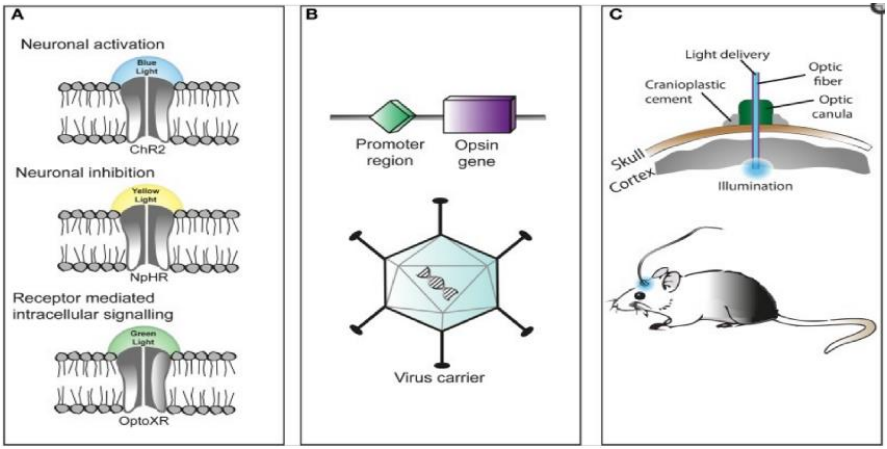


Illustration : by Pama E.A. Claudia, Colzato Lorenza, Hommel Bernhard, CCO, commons 166ikimedia. Three primary components in the application of optogenetics are as follows **(A)** Identification or synthesis of a light-sensitive protein (opsin) such as channelrhodopsin-2 (ChR2), halorhodopsin (NpHR), etc… **(B)** The design of a system to introduce the genetic material containing the opsin into cells for protein expression such as application of Cre recombinase or an adeno-associated-virus **(C)** application of light emitting instruments.

Une autre équipe de biologistes, du Massachusetts Institute of Technology (MIT) cette fois, a mis au point en 2020 un dispositif qui contrôle à distance la libération d'hormones par la glande surrénale. On utilise des nanoparticules de magnétite (taille mille fois plus petite que le diamètre d'un cheveu humain). Quand le calcium s'écoule à travers les canaux ioniques des glandes surrénales, les cellules commencent à pomper des hormones. La stimulation de ces canaux peut être déclenchée par l'application d'un champ magnétique faible qui chauffe de quelques degrés les particules de magnétite (préalablement injectées dans les glandes surrénales du rat utilisé comme cobaye). La technique pourrait être étendue à la modulation d'autres canaux ioniques (récepteurs de douleur ou encore neurones, ce qui était envisagé dans la fiction). La barrière hémato-encéphalique est un filtre naturel qui contrôle les éléments pouvant entrer dans le compartiment cérébral thalamus excepté). Elle évite que des substances toxiques n'y pénètrent et c'est d'ailleurs un obstacle à l'administration de médicaments destinés à

soigner des maladies neurologiques. Ce pourrait donc être une difficulté à l'utilisation des nanoparticules de magnétite dans le cas des neurones mais des scientifiques de l'université de Yale (2020) ont trouvé un moyen d'affaiblir momentanément cette barrière.

Évidemment, il n'y a rien d'autre à découvrir dans tous ces travaux de suivi des trajets de l'influx nerveux, aussi intéressant et indispensable soit-il (et intéressant pour la médecine) que la manière dont s'établissent les priorités conduisant à un comportement donné. Nous voulons simplement insister encore sur le fait que la conscience n'est que l'expression du trafic électrochimique dans le cerveau.

Il n'y a même pas à se poser la question de savoir dans quelle glande serait logée la conscience dès lors qu'elle est le ressenti de la grande symphonie vibratoire globale du cerveau. Il n'y a pas d'âme, juge du Bien et du Mal, qui orienterait nos choix, décisions, comportements mais, à la place, tout un ensemble de circuits de contrôle impliquant hyppocampe, amygdale et autres structures centrales du cerveau et qui renforcent ou affaiblissent par endroits le trafic de l'influx vital. La prise en compte de toutes les informations expérimentales mettant en évidence le rôle et les échanges entre les diverses zones du cerveau, en particulier le rôle des circuits de commande régulation (hippocampe, amygdales, …) devrait un jour permettre la construction d'un graphe, avec des nœuds, des routeurs, des processeurs délocalisés, des émetteurs de renforcement de tel ou tel trafic, des échanges avec la mémoire.

Autres techniques : pour établir le trajet de flux vitaux associés à des ions, (cas d'êtres vivants tels que des plantes), on peut entre autres utiliser la scanning ion-conductance microscopy dans lequel l'aiguille est remplacée par un balayage laser ce qui évite le contact physique.

~

Céphalisation

De manière générale, à chaque être vivant est donc associé un maillage de nœuds qui se trouve en communication. Des informations circulent sans cesse de part en part, véhiculées par des flux d'ions dans le cas des organismes les plus simples, des ondes de polarisation, l'influx nerveux pour les espèces disposant de neurones, ou encore par la circulation de molécules telles que les hormones. Les routes de l'information sont diverses et dépendent de la complexité atteinte dans l'arbre de l'évolution (circulation sanguine pour les hormones, sève pour les plantes, effet de tapis roulant de la tubuline, système nerveux, …). L'évolution a créé les neurones dans le but d'améliorer la communication au sein d'un être vivant (rapidité, fiabilité, synchronisation des diverses actions). En effet cela contribue aux chances de succès d'une espèce (la détection d'un prédateur par un organe visuel doit entraîner une réponse la plus rapide possible).

Les neurones apparaissent chez les animaux multicellulaires par intégration du mécanisme des potentiels d'actions qui existait déjà chez des eucaryotes unicellulaires isolés ou vivant en colonies (films bactériens entre autres) :

flux ioniques → potentiels d'action → gènes synaptiques (exemple éponge porifera) → neurones (exemples polypes obelia ou anémone de mer nematostella)

L'activité neuronale, sophistication de la communication au sein des choses vivantes (cette communication qui permet la vie) implique l'intervention de potentiels d'action primitifs basés sur l'utilisation des ions calcium (plutôt que Na+) et que l'on observe déjà chez les eucaryotes unicellulaires. Ce moyen de communication est en quelque sorte le précurseur de la communication par un système nerveux spécialisé. Chez les obelias (polyp colonies) des signaux électriques se propagent le long du réseau de neurones mais aussi à travers des cellules épithéliales du système digestif (partagé par toute la colonie). Les

éponges quant à elles, sans avoir d'équivalent des jonctions synaptiques caractéristiques des neurones (ces jonctions qui feront preuve de plasticité, hystérésis permettant le phénomène de mémoire et à terme le libre arbitre) mais elles possèdent des gènes qui joueront justement plus tard dans l'évolution un rôle clé au niveau de ces synapses. Les éponges communiquent encore les unes avec les autres via des ondes calciques (avec des décharges, id modifications soudaines des flux locaux) permettant à l'organisme de réagir (expansion_contraction).

Évolution des réseaux de communication : le comportement est l'ensemble des réactions d'un être vivant donné aux situations auxquelles il se trouve confronté. Au départ, chez les êtres vivants les plus simples, les réactions sont automatiques, et retenues par l'évolution en fonction de leur intérêt. L'évolution sélectionne des circuits de circulation de l'information destinés à commander des fonctionnalités par exemple de capture de proie ou encore de reptation dans le cas d'un annélide. Qu'il y ait ou non réseau nerveux (quelques centaines de neurones au départ, des milliards interconnectés dans les creveaux les plus évolués), on peut représenter ce réseau de communication par un graphe orienté. Pour prendre en compte le temps de transmission de l'influx vital, on doit utiliser la logique séquentielle (en plus de la logique combinatoire).

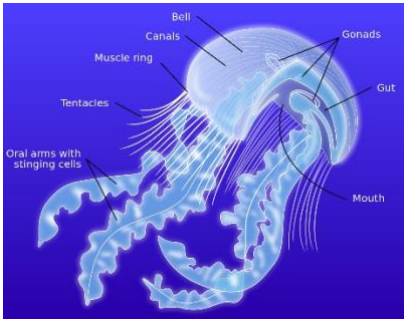


Illustration : anatomy of a scyphozoan jellyfish, by original author Zina Deretsky, National Science Foundation, commons Wikimedia.

La mise en place de réseaux de communication pérennise les réactions qui se répètent quasi à l'identique face à des stimulis comparables. Si au départ, une action ou fonction particulière est associée à un réseau spécifique, très vite un même réseau va être utilisé pour gérer plusieurs actions du comportement. Un même neurone pourra être impliqué dans deux circuits associés à deux réactions différentes. Cela implique la création de centres de contrôle gérant des aiguillages. Les ganglions vont

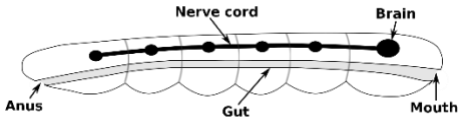
apparaître à l'image des multiples microprocesseurs (ou microcontrôleurs) gérant divers étapes ou fonctions dans un processus industriel. Dernière étape, les microcontroleurs sont commandés par un ordinateur central, le cerveau.

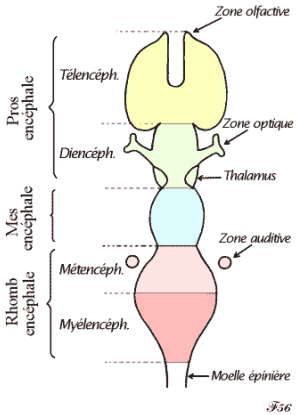
Une autre voie essayée par l'évolution est celle des cerveaux multiples (pieuvre par exemple) analogue du traitement de l'information par plusieurs ordinateurs travaillant ensemble. L'homme reprend les recettes de l'évolution …

Ce qui semble merveilleux (voire divin) aux yeux de certaines personnes n'est la plupart du temps qu'affaire de complexité. Les liens qui s'établissent dans notre cerveau lors des processus intelligents ne sont en fait que le développement des timides et premiers essais faits par la Nature avec les organismes vivants. Comprendre les flux d'information associés aux flux ioniques, électriques, combinés ou autres et irriguant un être vivant primitif est donc de première importance. L'observation du réseau neuronal des méduses ayant peu évolué depuis près de 500 millions d'années peut nous apporter de précieuses informations. Ce réseau (de l'ordre de la dizaine de milliers de neurones) est réparti dans tout l'organisme (on a parlé de réseau diffus et de conscience diffuse dans les items traitant de la pensée consciente). On peut rendre ces neurones fluorescents quand ils sont activés (ce qui permettrait un suivi en temps réel des flux). Entre autres observations remarquables, les chercheurs (Caltech, 2022) ont remarqué qu'à la suite d'une amputation, chaque partie du corps fonctionne de manière autonome alors que rassemblées, elles se coordonnent. Cela est rendu possible par une hiérarchisation dans la structure. Le réseau neural d'un bras de la Méduse peut dans un premier temps fonctionner localement pour saisir une proie et dans un second temps envoyer un signal vers le centre du réseau global proche de la bouche où il doit en se repliant apporter la proie. On constate donc une hiérarchisation qui sera plus tard encouragée, accrue par la création de structures cérébrales. On pourra comparer également à l'organisation plus complexe du réseau neural des poulpes (500 millions de neurones cette fois, mémoire, émotions), espèce apparue plus tard.

Evolution du système nerveux : elle répond aux besoins croissants de gestion des informations de plus en plus riches et variées.

Les panarthropodes sont des animaux segmentés dotés d'un squelette externe plus ou moins rigide. Il comprend entre autres les arthropodes et les tartigrades). On pense qu'ils sont les ancêtres de certains arthropodes actuels comme les insectes, les araignées ou les crustacés.





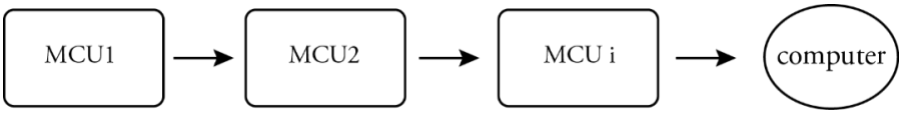
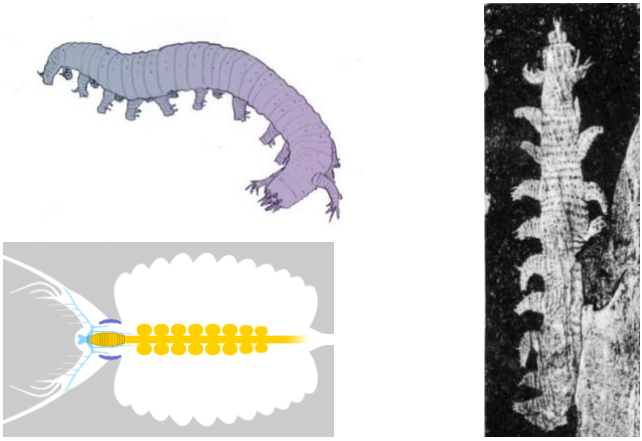
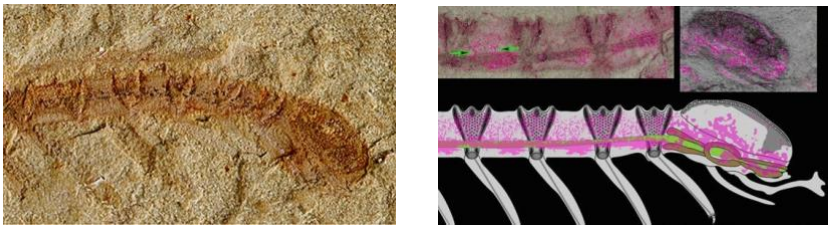


Illustration : céphalisation / à gauche : Looie496, travail personnel, domaine public, wikipedia / système nerveux d'un être vivant à symétrie bilatérale / les ganglions répartis le long du cordon nerveux jouent le rôle de microcontrôleurs (MCU microcontroller)/ le ganglion antérieur (brain) correspond à l'ordinateur précurseur (computer) qui dans un développement ultérieur contrôlera l'ensemble de l'organisme / c'est ce qui se passerait dans une usine où des ateliers spécialisés de plus en plus nombreux contrôlés chacun par un MCU dédié conduiraient les ingénieurs à mettre en place un ordinateur central contrôlant l'ensemble de la production / à droite : Else If Then, travail personnel, wikipedia.

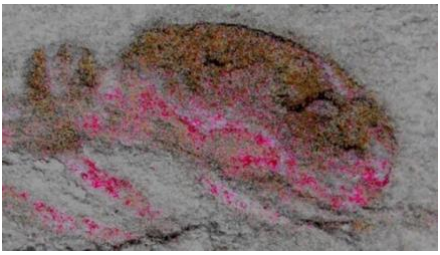
Le développement embryonnaire donne des indications sur l'histoire de l'évolution /système nerveux embryonnaire humain / les ganglions sont devenus des vésicules (au nombre de 5) / au cours de la neurogenèse les parties inférieures (caudales) se développent en premier, avant la partie antérieure qui contrôlera à terme l'ensemble.



Illustrations : à gauche morphologie (reconstitution) et à droite fossile (Smithsonian Miscellaneous Collections, 1911) d'un lopode type Aysheaia pedunculata, CC BY-SA 3.0, commons wikimedia / en bas à gauche, structure interne simplifiée de Kerygmachela par Junnn11, travail personnel, les yeux en bleu foncé), le système nerveux central en bleu léger et le système digestif en jaune.



Illustrations : cerveau et évolution : le plus ancien cerveau connu aujourd'hui (2022) est celui d'un cardiodyction catenulum, une sorte de petit ver, un invertébré de type lobopode retrouvé en 1984 en Chine. Il appartient à une espèce aujourd'hui éteinte et ayant vécu dans les fonds marins aux alentours de – 525 millions d'années (Cambrien inférieur). La dimension du fossile (à gauche) est d'environ 1,5cm. À droite, mise en évidence (en rose) des structures nerveuses correspondantes. Les systèmes nerveux central et périphérique ressemblent à ceux d'arthropodes vivant aujourd'hui, araignées, millepates … Source : Science, King's College London© Frank Hirth.



Sur l'agrandissement de la tête, on voit apparaître une structuration en diverses zones associées à des tâches spécialisées avec une organisation proche de celle du cerveau d'arthropodes vivant de nos jours. Le cerveau est divisé en trois domaines spécialisés dans le traitement des informations concernant des organes différents. Comme par ailleurs la structuration du cerveau en diverses zones est associée à des combinaisons spécifiques de gènes, cela signifie également que ces dernières auraient peu changé.

+ évolution du cerveau

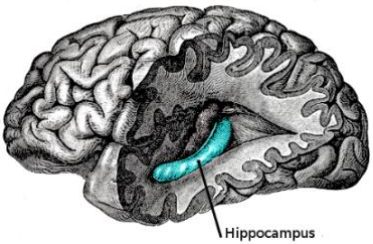
Des oiseaux et des hommes : le cerveau humain, est-il le summum de la perfection ? Sûrement pas ! La nature a fait comme elle a pu, procédé par de multiples essais dont certains ont été des erreurs. Même si les neurones ont apporté un réel avantage (mise en communication plus efficace de brins de conscience de plus en plus nombreux), ils souffrent encore de nombreux défauts (par exemple le temps de récupération nécessaire à leur fonctionnement optimal). Krawn, dans la fiction, s'efforce de pallier leurs imperfections en envisageant des modifications de la structure de l'axone et des synapses.

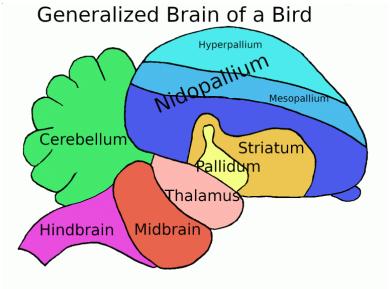
Évolution du cerveau jusqu'à Homo : il ne faut pas voir les diverses parties du cerveau humain comme correspondant à des sauts évolutifs brutaux qui sépareraient nettement les animaux en attribuant à certains de de simples réflexes (cerveau reptilien). Intelligence et conscience ont progressé de pair. Il est vrai qu'une plus grande intelligence (cortex développé) permet une plus grande conscience. Le fait qu'un être vivant ait un cortex modeste ou même absent ne signifie pas pour autant qu'il ne soit pas doté de conscience. Le cerveau dit reptilien (tronc cérébral et mésencéphale) est responsable des réflexes innés (une même stimulation

crée une même réponse, celle que l'évolution a sélectionnée comme étant la meilleure, il n'y a pas de phase de réflexion avant d'agir / réflexes de survie : manger, dormir, se reproduire, mordre ou prendre la fuite en présence d'un danger, migrer vers des zones de reproduction, assurer la respiration, l'homéostasie, le rythme cardiaque…). Le cerveau dit mammalien (système limbique) est le siège des émotions (empathie des mammifères). Le néocortex constitué des deux hémisphères gauche et droit a commencé à se développer fortement chez les australopithèques quand ils ont adopté la station debout. La logique serait plutôt associée à la partie gauche et la créativité à la partie droite. Le cerveau humain a par ailleurs dû grandir dans un espace réduit ce qui expliquerait pour grande part les circonvolutions cérébrales rappelant celles d'une noix. Déplié, le cerveau, 1,2 à 21,6 litres, pourrait s'étendre sur une surface de 1 à 2 m^2.

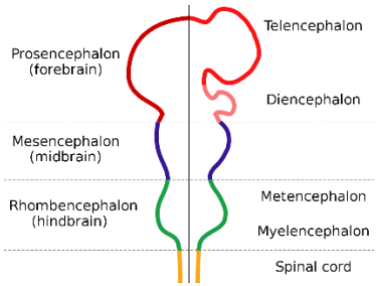
Avec le volume limité du crâne, la nature a dû multiplier les plis comme les circonvolutions observées dans une noix. L'évolution a également construit un système de contrôle global impliquant diverses structures cérébrales telles que l'hippocampe, l'amygdale ou le thalamus (le thalamus relaie les informations sensorielles, agissant comme un centre de perception de la douleur). Ainsi, un circuit impliquant l'hippocampe permet de mettre en relation les multiples aires cérébrales pour gérer la mémoire. La sécrétion de neurotransmetteurs permet d'activer ou de désactiver préférentiellement les synapses, selon l'importance d'une situation donnée.

D'autres évolutions prometteuses ont été tentées, telle que celle des oiseaux. Leur organisation cérébrale moins complexe que l'humaine est néanmoins remarquablement efficace avec des neurones plus petits que chez les mammifères et rassemblés de manière plus dense. Le cerveau d'un perroquet, de la taille d'une noix, contient pourtant plus de neurones que celui d'un macaque dont le cerveau est gros, lui, comme une petite pomme. Le cerveau est ainsi moins lourd chez les oiseaux et leur permet de voler. L'évolution a donc exploré la voie de neurones plus gros pour communiquer toujours plus loin mais aussi de neurones petits et denses localement connectés avec un certain nombre d'entre eux capables d'établir des connexions plus longues.





Illustrations: Henry Vandyke Carter, Henry Gray (1918) : anatomy of the human body, Wikimedi 739, domaine public / the cerebral cortex, composed of folded gray matter, is the outer layer of the cerebrum. It plays an important role in consciousness / the cortex derives from the pallium (more precisely from the middle part of the latter, sometimes referred to as the primitive hippocampus) already present in the most primitive vertebrates (lampreys, hagfish) /generalized brain of a bird commons Wikipedia. Chez les mammifères, des échanges entre les cortex préfrontal et pariétal (fonctions associatives) accompagnent la conscience sensorielle avec encore une fois un process en deux temps (construction d'une représentation comme dans un neural network puis activation des cortex).



Illustrations : user Ermell, from Bamberg Hain Krähe P4242328.jpg, CC BY-SA 4.0, commons 175ikimedia. Une corneille noire sait tremper un morceau de pain dans l'eau pour le manger plus facilement / elle est capable de perception consciente même si elle n'a pas de cortex cérébral comme les mammifères intelligents / à la place, elle a un pallium, prosencéphale, avec près de deux milliards de neurones arrangés en angle droit comme dans le cortex des

mammifères. Il s'active quand l'oiseau exécute une tâche / à la suite d'un stimulus visule, une première zone de son cerveau construit une représentation inconsciente durant quelques dizièmes de seconde / si l'information est jugée imoortante, l'activité du pallium augmente / la corneille est donc capable de perception consciente sensorielle.

In vertebral brain, the neural tube differentiates into hindbrain, midbrain and forebrain, commons Wikimedia By I, Nrets, CC BY-SA 3.0.

Le degré d'activation du pallium ou des cortex peut être suivi expérimentalement par l'augmentation locale du débit sanguin (résonance magnétique) ou encore par détection des ondes cérébrales (détection externe non invasive ou interne avec implants).

Quelques autres capacités des oiseaux : Une pie est capable de déplacer sa nourriture d'une cachette à une autre comme sait le faire l'écureuil, un mammifère. Elle a donc une certaine capacité à se mettre à la place des autres, imaginer qu'elles pourraient bien lui dérober cette nourriture. Une pie est capable de reconnaître son image dans un miroir (self-recognition) / quand on colle une gommette jaune sur son cou après avoir caché ses yeux et qu'elle redécouvre son image dans le miroir, elle comprend que c'est bien elle et cherche à arracher la gommette. Certains merles savent aussi se reconnaître dans un miroir. Le corbeau de Nouvelle-Calédonie sait utiliser des outils. Avec son bec et ses pattes, il sait fabriquer un crochet qui lui permet d'extirper les insectes qui vivent dans les interstices du noyer des Moluques. Il choisit pour cela une plante apte à la déformation, au bout arrondi. Ensuite, il l'adapte, modifie la forme du crochet en fonction du contexte. Le chant de certains oiseaux est porteur d'informations ? C'est une ébauche de langage. Les cormorans peuvent compter les poissons qu'ils pêchent.

La capacité d'anticiper l'avenir, d'établir un lien de cause à effet n'est pas propre qu'à certains mammifères mais aussi à des oiseaux. Chez les primates c'est le néocortex qui est le siège de la mémoire. Leur intelligence est associée au cortex préfrontal (partie du néocortex). Le siège de la mémoire chez les oiseaux est lié au mésopallium-nidopallium (la partie frontale.)

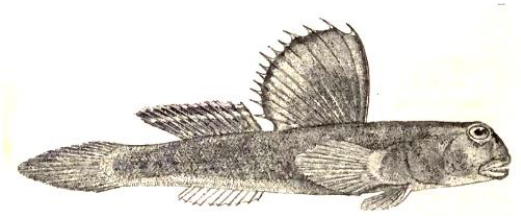
Les privilèges de la conscience humaine tombent les uns après les

autres. Chez les corvidés (corbeaux, pies, corneilles, choucas, geais bleus), les corbeaux et les corneilles font preuve d'empathie. Le guépier d'orient sait aussi se mettre à la place de son prédateur, deviner ce que celui-ci peut penser. Un pigeon peut discerner une émotion humaine à la seule vue d'un visage.

Et n'oubliez pas non plus les poissons ! On a déjà évoqué le sens des nombres de pélicans pêcheurs et la mémoire des carpes Koi dans Aube bleue mais on pourrait aussi parler de moi, le poisson sauteur, un periophthalmus.

Illustration : Sir Francis Day / fauna of British India via www.archive.org /

venu de la mer, je fais partie de ces espèces qui ont cherché à conquérir la terre ferme. J'ai un squelette osseux. Je peux respirer dans l'eau et dans l'air., tourner mes yeux à 360° comme une mouche mais aussi bien dans l'eau que dans l'air. Je me nourris de petits crustacés, vers, larves et insectes. On m'appelle parfois poisson grenouille à cause de mes capacités à sauter. Si je suis piégé à marée basse dans un trou d'eau, je sais où aller me cacher pour éviter qu'un prédateur, un oiseau, ne viennent me dévorer, car j'ai une mémoire des lieux exceptionnelle. Elle peut se maintenir plusieurs dizaines de jours. J'ai conscience du relief.

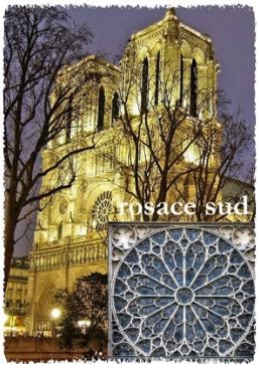


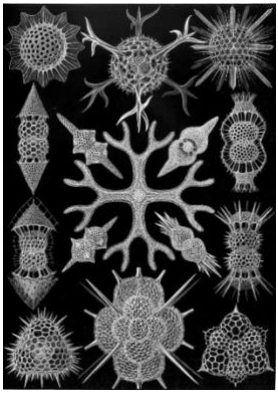
Periophthalmus koelreuteri.

~

Animaux autres que l'homme, capacités cognitives

Sens des mathématiques : toutes les espèces ont de manière innée le sens des nombres et de la géométrie. Le petit poisson-boule qui décrit une rosette sur le sable pour avoir une meilleure chance de s'accoupler a nécessairement une conscience spécifique de la géométrie, comme l'araignée Cyclosa, qui avec des débris de feuilles et de petits insectes construit sur sa toile un leurre à son image, en agrandissant des dizaines de fois. Le but est d'effrayer les prédateurs ; ce ne sont pas seulement les hommes qui font peur en faisant de grands signes au paradis (Nazca). On peut aussi penser aux capacités étonnantes des blobs (par exemple physarum polycephalum), ni animal ni végétal, ni champignon.





Illustrations: Cyclosa spider / radiolaria, commons Wikimedia, by Ernst Haeckel, Kunstformen der Natur (1904), plate 91 / rosette on the sand of the sea drawn by a ball fish / south rose window of Notre-Dame cathedral in Paris, France. L'intelligence pure développée chez l'homme n'est que le prolongement de ces capacités mathématiques. Les lois qui la régissent sont en conséquence mathématiques. Si la vie, au départ, a du se contenter d'opérateurs logiques associés aux automatismes séquentiels permettant le comportement des êtres primitifs, elle utilise aujourd'hui dans la pensée toutes sortes d'outils arithmétiques, algébriques, géométriques, de plus en plus complexes sur le plan de l'abstraction.

Mémoire : les poissons chats d'Amérique du Nord sont capables de reconnaître la voix d'une personne qui leur a donné à manger plusieurs années après avoir été séparés d'eux. Les poissons combattants (carpes Koï) savent reconnaître leur maître comme la couleur du récipient qui contient leur nourriture. Certaines carpes peuvent aussi être apprivoisées, à la manière d'animaux domestiques, elles se laissent par exemple caresser (comme les raies dans certains aquariums).

Stable Diffusion Online, prompt : koi carp in a pond with lotuses.

Utilisation d'outils : les espèces animales peuvent agir sur l'environnement avec leurs capacités naturelles, membres, dents (castor), becs (nids d'oiseaux) ou en les démultipliant via des outils. Les chercheurs considèrent souvent leur utilisation comme un signe d'intelligence. Hominidés, primates, mammifères, oiseaux, céphalopodes (antiquité, Pline l'ancien, poulpe) savent utiliser des outils (les chimpanzés, proches de l'homme utilisent des pierres pour casser des noix, des bâtons à fouir comme les premiers hommes aux touts débuts de l'agriculture). Ces aptitudes peuvent être naturelles, dues à un apprentissage ou encore transmises par éducation ? L'utilisation d'outils se met en place de manière progressive au cours de l'évolution, traduisant une maîtrise grandissante de l'environnement, conséquence de la sélection naturelle. Les réactions physicochimiques favorables sont en

quelque sorte mémorisées et transmises (épigénétique primaire) de sorte que l'individu, en naissant, a déjà au sein des espèces les plus simples des prédispositions à cette utilisation d'outils, tout comme il dispose d'un certain sens mathématique (formes, géométrie).

Bing.com / create, prompts : Canada, beavers building a dam / l'animal n'utilise pas d'outils mais ses dents / Canada, a lumberjack cuts down a tree with a saw / l'homme démultiplie la puissance de ses membres.

Il y a de cela 476 000 ans, Homo Ergaster assemblait des troncs sur les rives de la rivière Kalanbo près des grandes chutes de Zambie. Pour cela il faisait des entailles.

Reconnaître sa propre image : parmi les autres critères souvent retenus pour caractériser l'intelligence, nous préférons dire ici l'intelligence-conscience ou de qui revient au même la pensée consciente, il y a la capacité à reconnaître son image, embryon de ce que l'on appelle chez les primates la conscience de soi, soi par rapport aux autres, le développement de la conscience de l'individualité, de la comparaison avec les autres. Ici encore il s'agit d'une évolution progressive depuis les espèces les plus simples jusqu'à l'homme (développement du cortex singulaire antérieur). Certains oiseaux sont capables de reconnaître leur propre image dans un miroir.

Maltraitance animale : plus on se rapproche de l'homme et plus croit le degré de conscience de soi. Un orang outang ressent plus le mal qu'un

poisson. On doit donc éviter la cruauté sans pour autant renoncer brutalement à la chaine alimentaire, proscrire la consommation de viande animale tant qu'une alimentation de remplacement n'a pas été mise en place, tant que l'homme est dans son état actuel. Si l'hindouisme proscrit la consommation de bœufs, ce n'est pas seulement comme certains le prétendent en Occident au motif qu'une vache serait plus précieuse en donnant du lait qu'en étant consommée sous forme de viande (sinon on consommerait les bœufs !) mais par respect de la forme de conscience de l'animal. La cruauté envers les animaux est un héritage chrétien (selon la bible, lors de la genèse, les animaux ont été crées par dieu pour l'homme). Les conditions d'abattage des animaux posent question même si l'on doit en même temps constater que les hommes ne sont guère mieux lotis en fin de vie, le recours à une MVA douce et sans douleur n'a pas pu encore être mis en en place en 2021 AD, la religion chrétienne s'y opposant obstinément (A. Nobel aurait voulu ouvrir une fondation en ce sens, mauvais choix, en Italie !).

Illustration: whale fishery, Currier & Ives, USA, 1907 / Bing.com / create, prompt: whaling in 1900.

Les animaux qui vivent encore librement ne sont la propriété de personne. La menace d'extinction de certaines espèces concerne toute l'humanité. Il ne peut y avoir de notion de frontières ou de souveraineté nationale sur une telle question. Ceux qui se rendent coupables de ces forfaits ont déclaré la guerre à la vie. La chasse à la baleine est inacceptable et le silence des grands pays sur ce sujet incompréhensible.

On considère généralement en Occident que les animaux de compagnie seraient bien traités. Oui dans la mesure où on leur donne à

manger, non par le fait qu'ils sont le plus souvent privés de liberté, de sexualité. Cette habitude regrettable est en fait destinée à compenser chez les gens faibles un manque de relation aux autres, amitié ou amour. Dans l'incapacité de nouer des relations on projette ses pensées, ses attentions sur d'autres formes de vie qui n'ont guère d'autre possibilité que de composer avec leur maître. Dans certaines sociétés comme au Japon, on a recours à des poupées-doudous.

Capacité d'apprentissage : Certains neurobiologistes considèrent encore l'apprentissage comme un apport tardif dans l'évolution. En fait des espèces animales peu évoluées et sans cerveau font preuve de capacités surprenantes. C'est le cas de l'espèce Tripedalia cystophora, une méduse des caraibes qui se nourrit en bord de mer près des racines de palétuvier. Méfiante lors d'une première incursion en zone inconnue, elle apprend en fait peu à peu à s'éloigner des obstacles que sont les racines. Un système nerveux simple peut donc déjà faire preuve de capacités d'apprentissage avancées. Ce constat est à rapprocher du fait que certaines protéines intervennat dans le mécanisme synaptique du cerveau humain sont déjà présentes en précuseurs chez les méduses.

Bing.com / create, prompt : little cubic and transparent Caribbean jellyfishes with yellowish-brown tentacles is swimming near the roots of a mangrove tree.

Un autre exemple très connu est celui des blobs, slime mold unicellulaire à noyaux multiples qui lui ne dispose d'aucun système nerveux.

~

Intelligence, conscience, pensée, âme, esprit, …

Intelligence et conscience : ce sont des mots polysémiques correspondant à deux concepts souvent mélangés, ce qui introduit bien évidemment une certaine confusion. Un être vivant n'est pas seulement un ordinateur exécutant des algorithmes, il n'est pas non plus seulement une conscience, une âme, une structure capable de ressenti, il est aussi un régulateur, un contrôleur de Bien et de Mal. Toutes ces fonctionnalités doivent être prises en compet pour qui prétend vouloir juger de la qualité d'un être vivant (voir item dédié) ou pour qui dans le futur voudrait recréer la vie.

Bien que travaillant sans cesse l'une avec l'autre pour créer la pensée consciente, il est préférable de distinguer la conscience de l'intelligence. L'**intelligence** inclut les processus structurants de nature mathématique indispensables à la pensée. En cela l'intelligence est imitée dans l'intelligence artificielle.

La **conscience** est autre chose, à savoir le ressenti associé à l'activité vibratoire des associations de macromolécules organiques à l'origine de la vie, plus précisément à l'activation simultanée, synchronisée, d'un réseau de neurones (plus généralement de nœuds de conscience pour les êtres vivants dépourvus de système nerveux). Ce réseau doit être vu comme un réseau support capable de réveiller une activité vibratoire commune, synchronisée d'un groupe ou assemblée ou grappe ou cluster de nœuds. On associe de plus en plus la conscience à un phénomène d'intrication (dans une pensée, une grappe de neurones réveillerait un temps, la durée de la pensée, une mise en intrication des nœuds excités par l'influx nerveux). La physique n'a cependant pas encore élucidé ce mécanisme.

Dans son traité théologique « Somme de théologie », Saint Thomas d'Aquin dit que **Dieu existe en lui-même**. Dieu est le commencement et la fin de toutes choses, et toutes les créatures procèdent de lui et dépendent de lui. Dans la fiction Joye et les planètes bleues, il n'y a pas plus à s'interroger sur l'existence de la cosncience que sur celle de Dieu. La conscience est et c'est ainsi.

Illustration : St Thomas d'Aquin, Fra Angelico, 1395-1455.

Intelligence affective : voir item conscience de soi

Une **pensée consciente** est le résultat d'une activité intelligente et du ressenti cosncient associé. L'activitation synchronisée d'un cluster de neurones est obtenue grâce à la circulation répétée de signaux codés (influx nerveux). Les neurones concernés peuvent appartenir à des aires différentes du cerveau. L'homme a construit les premiers ordinateurs à partir de concepts mathématiques liés à l'intelligence pure. Il a distingué une zone de stockage des informations, une zone interprétant les programmes où algorithmes à exécuter (par exemple un lecteur de cartes perforées), une zone processeur où sont exécutés les opérations mathématiques.

SOUL HAS WEIGHT, PHYSICIAN THINKS

Dr. Macdougall of Haverhill Tells of Experiments at Death.

LOSS TO BODY RECORDED

Scales Showed an Ounce Gone in One Case, He Says—Four Other Doctors Present.

Special to The New York Times.

BOSTON, March 10.—That the human soul has a definite weight, which can be determined when it passes from the body,

Illustration : les hypothèses les plus extravagantes ont été émises à propos de l'âme que certains ont même tenté de mesurer après la mort, théorie des 21 grammes, 1907).

L'architecture du cerveau a quant à elle été façonnée par l'évolution et cette distinction entre des aires à fonctionnalités différentes ne semble pas valide. On penche plutôt sur une activité synchronisée de plusieurs aires du cerveau. Ains il n'est pas sûr que l'information en mémoire soit rappelée comme on le dit parfois dans une zone centrale pour y être

traitée. Elle est peut-être tout simplement réactivée et connectée. C'est d'ailleurs l'idée que l'on a de la conscience chez les êtres vivants primitifs, une connexion globale de tout l'organisme. Le chef d'orchestre est le système limbique, chargé de coordonner, synchroniser, décider de ce qui est bien ou mal, de corriger si besoin. Les musiciens restent à leur place.

L'âme est-elle immortelle ? Il n'y a pas de siège de l'âme selon ce que nous venons d'expliquer. De plus, dès lors que le berceau n'est plus là pour réveiller un cluster intriqué, la pensée va s'effacer.

Sur les nombreuses significations du mot conscience : selon que l'on est prêtre, psychiatre, philosophe ou spécialiste des neurosciences, le terme conscience peut avoir des significations bien différentes. À cette difficulté s'ajoute celle de la traduction du français à l'anglais (la 1ère langue ayant été utilisée pour la rédaction).

Consciousness : selon wikipedia à conscience (biologie) en français (pas de traduction US), il s'agirait de l'état le plus primaire et basique de la conscience (appellation générale ou globale), en français la conscience primaire ou basique, à savoir une représentation consciente de l'environnement et du corps de l'être vivant. Elle est partagée par la plupart des animaux pour lesquels on aprle en général de resssenti conscient.

Self-awareness : selon cette même source, il s'agirait d'un état supérieur de conscience (en fait je dis dans l'ouvrage que c'est continu) dans lequel l'être vivant est conscient de son activité propre (rôle, action, conséquences sur l'environnement), de son identité propre (individu, il se rend compte qu'il est l'auteur de ses pensées) / seuls selon cette source les hominidés et les cétacés auraient ce degré de conscience.

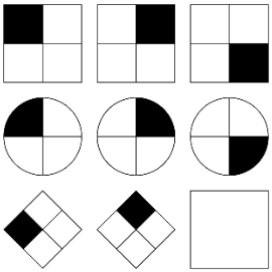
En langue anglaise, on distingue aussi parfois ce terme de self-recognition. Cette fois, il s'agit de la capacité cognitive d'un organisme à se reconnaître par des informations sensorielles (exemple se reconnaître dans un miroir ce que saventf aire certains oiseaux) / dans le mode self-awareness, l'être vivant reconnait ses pensées comme étant les siennes propres (il comprend qu'il est lui-même la source de ses pensées)

pensée_conscience_âme_esprit : selon Wikipédia, l'âme (anima en latin) est le principe vital (souffle de vie), l'esprit, immanent ou transcendant qui anime le corps (l'enveloppe matérielle ADN) d'un être vivant.

Dans la fiction, l'hyper-conscience est l'état natif des 'étherlettes'. Elles sont en hyper-communication et communion au sein du Tout T*. Après un bang, l'univers-perturbation concerné commence à se réorganiser. Au cours de la formidable relaxation énergétique, les ex-étherlettes deviennent des entités quantiques élémentaires formées de brins de conscience (ensuite elles deviennent des brins de cordes, cordes, ou autres) créent des agencements divers (particules élémentaires, atomes, molécules, macromolécules organiques, radiations, molécules de vie). Des structures plus remarquables permettent à de plus en plus de brins de conscience de partager, de chanter ensemble à l'unisson, en harmonie. Ce que nous appelons conscience est la mesure du degré d'avancement et de succès de ce processus. Les molécules d'ADN sont des berceaux particulièrement favorables à ces retrouvailles. Le mode de fonctionnement de tous les brins de conscience au sein des premiers êtres vivants peut être assimilé à un automate cellulaire. Cependant, cette conscience n'est associée à aucun souffle divin de vie, une âme mystérieuse qui guiderait le comportement de tout être vivant, l'évolution, aurait insufflé soudainement la vie. La conscience apparaît plutôt comme un corollaire de la réorganisation de l'univers-automate. En revanche il y a un influx vital naturel qui parcourt tout être vivant, met en communication toutes les parties de l'organisme, de la naissance jusqu'à la mort. L'influx nerveux en est une spécialisation.

Que penser des mesures de Q.I. ?

L'histoire de l'évolution est avant tout celle de l'adaptabilité. L'intelligence n'est qu'un facteur parmi d'autres assurant le succès d'une espèce, sa survie, son développement. Qui veut juger de la qualité d'un être vivant doit s'intéresser à d'autres facteurs que la seule intelligence pure (mathématique, assimilable à l'I.A.) privilégiée dans les tests de Q.I. La faculté d'adaptation, décide du succès d'une espèce et elle dépend tout



à la fois de l'intelligence, de la conscience et de la capacité à réagir avec son environnement d'une chose vivante. Si l'on veut comparer les espèces, alors on doit prendre en compte ces trois facteurs. Les tests de Q.I. sont insuffisants pour juger de la qualité d'un être vivant. Par ailleurs, la conscience est à notre avis la caractéristique la plus importante, l'intelligence étant en quelque sorte à son service, ainsi que la réactivité. Lorsque l'I.A. sera couramment utilisée, les différences d'intelligence entre les hommes s'estomperont, restera l'essentiel, la conscience

Illustration: wikipedia : an **intelligence quotient** (**IQ**) is a total score derived from a set of standardized tets of tests or subtests designed to assess human intelligence / matrices progressives de Raven, user: Life of Riley, travail personnel, CC BY-SA 3.0, commons Wikimedia.

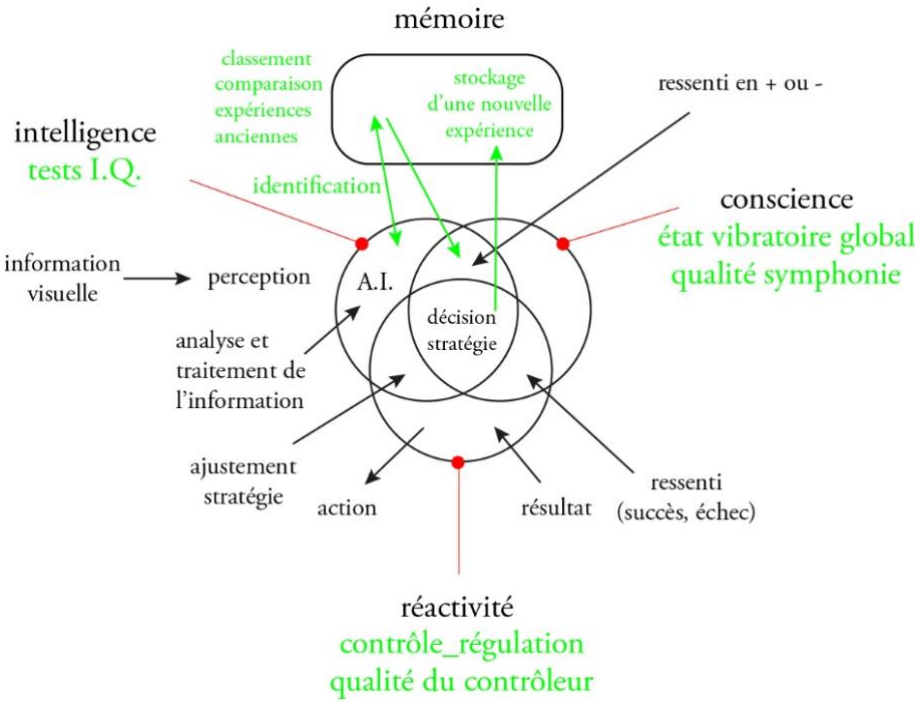


Illustration : le cerveau animal n'est pas seulement une machine mathématique et informatique capable de développer, inventer ses propres algorithmes **à l'image des I.A. contemporaines (2022)**, il agit en tant que régulateur du Mal (régulation d'ordre chimique, impliquant l'émission d'hormones) et de plus il est conscient. Ces trois fonctions pour part interdépendantes doivent être considérées pour juger de la qualité d'un être vivant.

Intelligence pure (d'ordre mathématique, capacité à l'abstraction) : capacités à ordonner, comparer, classer, ajouter, soustraire, dénombrer, reconnaître les symétries, translation, rotation, projections, reconstituer une forme à partir d'échantillons, aptitude à structurer, hiérarchiser, généraliser, synthétiser, induire une pensée à partir d'une autre, établir des relations de cause à effet, des corrélations, dans l'espace comme dans le temps, établir des récurrences, construire des algorithmes, …, nombres, algébre, géométrie, logique, théorie des ensembles, des graphes, …

L'éducation peut introduire des biais dans la notation des performances individuelles de chacun (inné et acquis, nature versus nurture / deux jumeaux ayant de mêmes prédispositions intelligentes mais ayant suivi des cursus éducatifs différents pourront être notés différemment avec les tests de Q.I. courants). La culture spécifique du cobaye testé peut également fausser l'évaluation (si on demande à deux candidats de cultures très différentes 1 et 2 de reconstituer à partir de quelques fragments un objet caractéristique de la culture 1 et inexistant dans la culture 2, à l'évidence le cobaye 1 se trouvera favorisé). On doit donc faire attention à privilégier les prédispositions naturelles dans le choix des tests, les rendre les plus neutres, objectifs, le plus étanches possibles vis-à-vis de l'appartenance culturelle ou du niveau éducatif.

~

Évaluer l'intelligence, utilisation de rosettes

La question de l'évaluation de l'intelligence est brouillée, encore une fois par le manque de clarté de la signification même du mot intelligence. L'intelligence n'est pas la conscience, elle est une partie seulement de la réactivité qui dépend des capacités physiques comme des mentales. Beaucoup de confusion résulte du fait que ceux qui obtiennent des scores médiocres aux tests de I.Q. en conçoivent de la rancœur et voudraient alors changer les règles, tout mélanger en inventant une intelligence affective qui n'est qu'on mélange de ressenti conscient avec l'intelligence. Une manière de se consoler qui ne fait que retarder les recherches.

Ydunéa est un œuvre qui défend les différences et revendique la reconnaissance de l'excellence. Cela doit s'appliquer en particulier à l'intelligence. Dans le même temps, l'œuvre met la conscience au-dessus de l'intelligence, c'est elle qui fait la vie, qui lui donne son sens, l'intelligence étant à son service même si dans les processus mentaux les échanges entre les deux sont permanents. La conscience (en particulier celle du Bien) prend le pas sur l'intelligence. On peut à l'évidence être très intelligent et malfaisant jusqu'à compromettre les chances de perpétuation et évolution de l'espèce humaine, nous en voyons des exemples chaque jour en 2022. Soyons donc clairs, l'intelligence est une abilité à faire des constructions mentales abstraites répondant à des règles mathématiques, associées à des concepts en relation avec les situations dans lesquelles se trouve plongé un être vivant, constructions associées à la mobilisation spécifique de chemins de pensée (boucles, grappes, clusters de neurones activés et réactivés associés à une pensée spécifique).

Dans ces conditions, on peut considérer que l'intelligence correspond à ce que nous appelons l'intelligence artificielle dans ses formes les plus développées (incluant la capacité à inventer ses propres algorithmes) et que par ailleurs les aptitudes mathématiques naturelles comme acquises peuvent toutes être utilisées pour construire des tests. Aujourd'hui, on prend plutôt en compte dans les tests de Q.I. des aptitudes

mathématiques élémentaires qui correspondent donc aux capacités innées, celles d'un enfant. Si l'on doit noter un adulte, alors on doit prendre en compte l'augmentation d'intelligence résultant du niveau d'études du cobaye. Quant aux animaux qui pour la plupart n'ont en général pas la chance de recevoir une éducation (ou embryonnaire), ils sont notés sur leurs capacités naturelles mais cela reste un sujet très intéressant (celui de l'inscription des mathématiques dans les gènes, en tant que prédispositions).

Les rosettes proposées dans l'illustration ci-dessous sont un bon exemple de la manière dont la conscience, la culture, les habitudes ou encore les capacités physiques peuvent venir brouiller les tests de qualité d'un être vivant. Dans l'exemple qui suit, on ne mesure en effet pas la seule intelligence. Dans son livre Q.I., The quest for intelligence (UK, 2000, a revolutionary investigation into human, animal and artificial intelligence), K. Warwick propose de mesurer l'intelligence des êtres vivants à l'aide d'une rosette dont les rayons strokes prennent en compte les diverses capacités mentales.

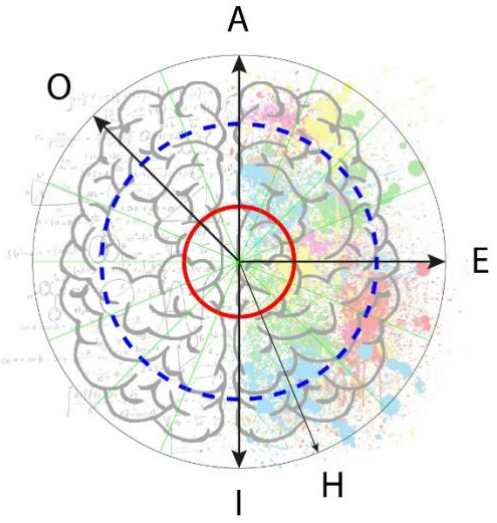


Illustration : Pixabay, brain_2062057_1280 , Intelligence Rosette, K. Warwick, Q.I., The quest for intelligence / the blue dotted circle represents a score of 100 in all aspects of intelligence / the red inner circle and the outer indicate the limits of normality / the centre point represents zero ability in all the chosen considered elements / A : mental arithmetic, E : verbal reasoning, H : musical ability, I : artistic creativity, O spatial

awareness.

Unaffected rays can be associated with other characteristics or mental abilities chosen to characterize intelligence.

L'auteur insiste sur la subjectivité des choix des critères ou capacités permettant de juger des capacités mentales (mental abilities) d'une personne donnée, associés aux divers rayons (strokes) de la rosette. Si cela peut s'avérer rassurant pour chacun de pouvoir choisir ses propres critères et éviter ainsi de se faire qualifier d'inintelligent ou inconscient ou peu réactif, ce n'est guère satisfaisant ou acceptable scientifiquement. Il n'est pas vrai que l'on ne puisse mesurer scientifiquement et objectivement l'intelligence et la conscience. Seul es ten cause le retard dans l'expérimentation scientifique. Il est dû aux prêtres et philosophes qui bien évidemment ont toujours défendu la dichotomie des deux mondes séparés spirituel et matériel_tangible. En est résulté un tabou dissuadant les chercheurs d'engager des recherches sur le cerveau considérées comme invasives (implants cérébraux). En corollaire, même l'expérimentation sur des organismes plus simples dotes d'une moindre conscience a été retardée (par exemple l'étude systématique des états de bien-être ou mal-être d'organismes unicellulaires ou de plantes pour corréler activité biologique et état d'harmonie). Cette attitude rappelant les périodes d'obscurité de l'Occident (quand l'église interdisait les investigations sur le corps humain) a permis l'émergence de disciplines telles que la psychologie dans lesquelles on peut trouver le pire et le meilleur, parfois même des charlatans. Les sciences du comportement ne peuvent pas se passer d'une assise scientifique.

L'intelligence et la conscience doivent être considérées comme des outils au service de la vie, permettant de perpétuer et faire évoluer les espèces, et non pas comme de mystérieuses entités immanentes. La conscience est un corollaire de la vie. Héritière de l'automatisme des réplications premières des molécules d'ARN_ADN, la reproduction des êtres vivants les multiplie toujours plus. La grande liberté de vibration des molécules de la vie, au sein de chacune, de communication de l'une à l'autre et conséquence des types de liaison chimique propres à ces édifices organiques, conduit une augmentation du degré de conscience jusqu'à ce qu'il devienne un des moteurs de l'évolution par les choix de comportement qu'elle engendre. Le cerveau (en amont le système de

communication interne propre à chaque être vivant) est avant tout un régulateur de Bien et de Mal, il n'est pas seulement un ordinateur.

Si on peut caractériser une machine faite de composants inertes par son degré d'intelligence (une machine est ici une intelligence artificielle capable de créer ses propres algorithmes à la différence d'un calculteur classique qui se contente d'exécuter des algorithmes construits par l'homme), elle reste par nature inconsciente (au niveau tout au moins des machines imaginées aujourd'hui).

Pour mieux illustrer la question de la subjectivité et en comprendre les origines, on peut faire quelques remarques (non exhaustives) sur les choix décrits dans un profil mental du libre précité (Q.I., The quest for intelligence). Il prend en compte 16 facteurs (comprenant les cinq A, E, H, I, O, apparaissant sur la rosette représentée ci-dessus): A (mental arithmetics) / B (mathematics) / C (imagination) / D (personal, relationships skills) / E (verbal reasoning) / F (crosswords, anagrams) / G (patterns) / H (musique) / I (art) / J (sculpture) / K (word recognition) / L (spelling) / M (strategy planning) / N (physical fitness) / O (spatial awareness) / P (philosophy). Cette analyse critique sera faite sur la base de ce qui a été dit dans l'item **repères_intelligence, conscience, réactivité, adaptation.**

A (mental arithmetics) : pour quoi l'arithmétique spécifiquement ? S'il est vrai que c'est une discipline de base des mathématiques, le dénombrement n'est pas plus important que par exemple la reconnaissance des formes

B (mathematics) : aptitude à l'abstraction, à construire des hiérarchies (imagination, induction), à manipuler des opérateurs logiques, à utiliser la causalité (développer une théorie à partir de règles fixées au départ), aptitude à reconstituer la forme d'une chose à partir d'échantillons, à aprpécier le mouvement, les déplacements, les symétries, la capacité d'analyse et de synthèse, … En fait B est la principale composante de l'intelligence en tant que capacité à associer des pensées_clusters de neurones activés simultanément. C'est cette aptitude à créer des graphes ou réseaux de graphes de plus en plus riches, en interaction permanente qui est importante.

Mais l'intelligence ne peut se passer de la conscience. Les deux s'encouragent, échangent en permanence, la conscience étant le ressenti associé à chaque système de connexions associé à une pensée ou un ensemble de pensées (réflexion).

C (imagination) : l'imagination est sollicitée par la conscience, celle qui demande d'aller plus loin, s'inquiète de ne pouvoir contrer le Mal, cherche toujours une solution plus proche de l'harmonie, du Bien de l'être vivant. Elle se nourrit de la comparaison de tout ce qui est en mémoire avec le problème à résoudre en cours. À l'origine, il s'agissait de prévoir toujours mieux ce qui pourrait arriver dans une situation de danger. En allant à droite plutôt qu'à gauche, allait-on pouvoir éviter le prédateur, valait-il mieux l'affronter ? Imaginer toujours plus de scenaris, avoir en mémoire des situations voisines, permettait de mieux se defender. L'imagination fait appel à la mémoire (associations de datas, correlations), à la conscience qui relance toujours plus l'intelligence, à l'intelligence qui construit un scenario particulier (on rejoint là strategy planning (ability désignée par M dans cette rosette)

D (personal, relationships skills) : ce paramètre renvoie au comportement. On ne comprend pas trop en quoi il intervient dans l'intelligence proprement dite sauf si ce mot est pris dans le sens large autrement dit la capacité à se débrouiller au mieux pour survivre et prospérer. D depend de la conscience, de l'appréciation personnelle du Bien et du Mal, du bien-être ou mal-être, de l'état d'harmonie ou disharmonie. Faut-il considérer que la solitude est synonyme de force (F. Nietzche) ou alors qu'il ne s'agit que de mysanthropie, de mépris des autres ? Faut-il considerer que la capacité à manipuler les autres, à rpofiter d'eux, de leur travail, de leur sueur est une preuve d'intelligence (à observer la société occidentale, on pourrait s'en persuader assez vite !) ?

D incut-il la prise de risque, le choix de la décision qui semble la meilleure ? Si oui, D est alors apaprenté à la conscience.

E (verbal reasoning) : capacité reliée aux facultés de raisonnement, enchaînement, comparaison, … et donc finalement à M avec en plus

F (crosswords, anagrams) : relève en grande partie de l'association des

mots, de la mémoire, de l'aptitude à utiliser un vocabulaire / par sa forme ludique, un test basé sur la capacité à faire des mots croisés peut être trompeur sur les réelles qualités d'intelligence, une grande part étant attribuable à l'apprentissage (nurture). Cette abilité F est reliée par ailleurs à K

G (patterns) : il s'agit de reconnaissance de formes et symétries, évidemment apparentée aux capacités mathématiques B

H (musique) : la musique comme certaines formes d'art font appel à la capacité de construction mentale de plus en plus complexes à partir de règles bien définies dans le cas de la musique ce qui apparente cette activité aux mathématiques. Il est probable que l'apect vibratoire direct du son puisse privilégier l'exercice de la conscience puisque celle-ci est le ressenti d'un état vibratoire. La musique est donc bien apparentée aux mathématiques, tout comme l'architecture.

I (art) : La peinture fait appel à la reconnaissance des couleurs et à l'esprit de synthèse (mathématiques, intelligence) / elle procède par ailleurs d'une démarche avant tout personnelle et non pas altruiste comme peut l'être l'architecture.

J (sculpture) : La sculpture fait appel à la maîtrise des formes et à la réactivité dans la mesure où la main doit obéir fidèlement les ordres du cerveau (idem pour la peinture ou la gymnastique.

K (word recognition) : voir F, E,

L (spelling) : see K, F, E, …

M (strategy planning) : voir C

N (physical fitness) : forme physique, bon fonctionnement des organes relèvent 1/ de la qualité du substrat permettant à l'intelligence et à la conscience. Le bon état de santé général relève au départ de qualités physiques innées et 2/ de l'état de bien_conscience de la personne testée l'humain le plus parfait physiquement au départ peut très bien se transformer peut fort bien par ses choix céder aux additions de l'alcool

ou de la drogue). Une part de N est donc attribuable à la réactivité et une autre à la conscience du Bien. Considérer la forme physique comme une aptitude mentale, une composante de l'intelligence, ne semble donc pas pertinent.

O (spatial awareness) : cette capacité fait appel à la fois aux capacités des organes sensoriels (réactivité) et à la capacité mathématique à combiner des informations partielles pour construire un panormama global (les aspects dynamiques doivent aussi être inclus). La conscience de l'environnement, capacité à se localiser soi-même et à localiser les autres choses provient du ressenti résultant alors de la comparaison avec d'autres dats en mémoire.

P (philosophy) : comme la spiritualité (qui n'apparait pas dans cette rosette, et pourquoi, est-ce si tabou ?), la philosophie est avant tout un ensemble de constructions mentales non étayées par des réalités scientifiques, basées sur l'**intuition** et l'**imagination** C. L'objectif est de contrer le Mal en se consolant de ne pouvoir l'empêcher. C'est une stratégie quelque peu puérile pour oublier les instisfactions de la vie. Sur le plan de l'intelligence, cela révèle une capacité à structurer des idées. Sur le plan de la conscience, il s'agit d'une incapacité à distinguer le réel et l'imaginaire. Céder trop vite à des illusions, vouloir à tout prix faire des raccourcis dans l'espoir d'avoir une vision globale de la vie, de la Nature, est un aveu de faiblesse.

On pourrait faire d'autres remarques nombreuses en particulier sur la nécessité de prendre en compte la vitesse de réaction d'une chose vivante, un paramètre essentiel retenu par l'évolution. La mémoire également avec les capacités d'extraction, échanges de datas, entrées-sortie est un paramètre important impliquant la réactivité (dont qualité puissance de la mémoire) et la faculté mathématique d'organiser le classement, l'extraction, les comparaisons et correlations de datas. Dans les tests, le choix d'un métier peut être très révalateur (égoisme ou altruisme, confiance en soi exagérée ou minorée, goût du risqué.

Faut-il retenir les critères de qualité de l'A.I. : en dépit des défauts des versions actuelles (2023), cela peut sembler raisonnable pour évaluer l'intelligence, car l'A.I. est condamnée à se structurer de manière toujours plus logique, mathématique, ce qui correspnd à l'intelligence pure, la rvaie

intelligence, bien distincte de la conscience. L'efficacité de l'A.I. dépend de la puissance de la machine, qualité du hardware (computer, cerveau) et de l'utilisation, qualité du software (algorithmes, structuration de la pensée).

~

Sommes-nous tous égaux sur le plan de l'intelligence ?

Pour des raisons idéologiques, on nous rabâche en Occident que tous les hommes seraient égaux, on l'apprend même à l'école. C'est évidemment faux. Même si le génome humain est aujourd'hui universel, les diverses branches s'étant fondues en une seule, Homo Sapiens (Sapiens Sapiens dans la fiction pour le distinguer de Sapiens Neanderthal) porte dans son génome un héritage d'autres branches humaines, en particulier celle de Néanderthal et celle de Denisova, cela à des degrés divers. La plupart des européens et des asiatiques ont 2% de leur patrimoine génétique hérité de Neanderthal et certains spécialistes avancent que dans l'ensemble 9 à 10% du patrimoine de Néanderthal aurait pu être transmis. Par ailleurs les chercheurs ont identifié des gènes de l'intelligence.

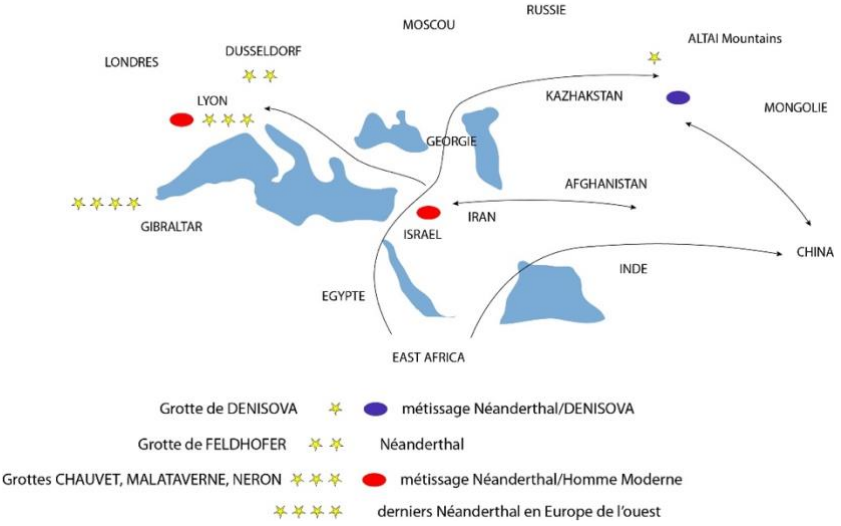


Illustration : out of Africa, Homo, quelques lieux de métissage entre les diverses branches Homo.

Dans la grotte de Denisova, située près de la frontière Sibérie_Kazakhstan, Mongolie et Chine (chaîne de montagnes de l'Altaï), on a retrouvé des fragments d'os attribués à une adolescente hybride de 13 ans issue d'un métissage Denisova_Néandertha. Denny, nom donné à cette jeune humaine avait à la fois de L'ADN mitochondrial (transmis seulement par la mère) Néanderthalien et de l'ADN nucléaire (transmis par la mère et le père) dénisovien. Elle a également l'hétérozygotie, à savoir qu'elle a hérité de différentes formes d'un même gène particulier).

Illustrations : source io-uk : homo Heidelbergensis, 700 000 BP → 390 000 BP : homo Neanderthal + Homo Denisova, Feldhofer cave near Dusseldorf, Denisova case near Altai mountains, fragment d'os (2cm) appartenant à Denny, 90 000 B.

Quand on s'intéresse à l'intelligence pure, on constate bel et bien des différences d'un individu à l'autre (tout comme il en existe sur les aptitudes artistiques ou gestuelles). La capacité d'abstraction, traduite par des aptitudes mathématiques, est nécessaire pour modéliser et comprendre la Nature. On a pu établir des corrélations entre certains gènes et l'intelligence mesurée par ce que l'on appelle communément le coefficient intellectuel Q.I. D'autres facteurs liés à l'épigénétique contribuent à ces différences. Bien évidemment ce que l'on vient de dire

s'applique aux autres formes d'intelligence, par exemple l'intelligence affective.

Les circonstances ont permis à l'Occident de prendre le leadership. Cela ne signifie pas pour autant que d'autres ne puissent à leur tour s'épanouir. Le progrès des connaissances et des technologies est en quelque sorte inscrit dans nos gènes, comme programmé dans un génome pour l'essentiel identique, aux remarques précédentes près. Ce n'est qu'une question de temps pour que les capacités de chacun des groupes humains présents sur la Terre puissent donner le meilleur. Quand les premiers hommes sont sortis d'Afrique, ils ont créé de nombreuses civilisations. Certains ayant voulu aller trop vite, Amérique Centrale et du Sud en particulier, ont perdu les liens avec leurs ancêtres déjà installés dans le Croissant Fertile ou encore en Chine. Ils ont créé alors des sociétés avec un certain génie mais moins brillantes. À l'opposé, ceux qui sont restés sur place en Afrique centrale, également privés d'un lien fort avec les principaux pôles de civilisation, ont été handicapés par l'absence d'écriture, um moyen puissant de structurer la pensée.

Illustrations : sanglier des Célèbes / cité précolombienne de Caral (Pérou), exemple de ville-mère, 10000 h, contemporaine des pyramides de l'Égypte antique, ni muraille, ni poteries, flûtes en os.

L'irruption de l'intelligence artificielle dans notre quotidien va complètement changer la donne, les individus les moins intelligents retrouvant leurs chances de briller, reléguant le racisme d'intelligence aux oubliettes.

~

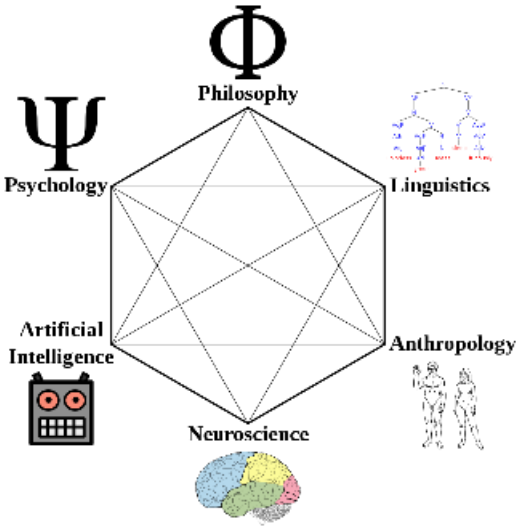
Conscience, axes de recherche

Disciplines concernées : elles sont très nombreuses, neurosciences, médecine (psychiatrie), psychologie, linguistique, physique, biologie, chimie moléculaire, mathématique, informatique … L'étude des troubles mentaux aide à identifier la fonction des diverses aires cérébrales. La psychologie et la linguistique peuvent aider à comprendre comment se structure une pensée. La physique et la biologie moléculaire tentent d'expliquer le phénomène structurel à l'origine de la conscience, l'activation simultanée de nœuds de conscience qui pourrait impliquer l'intrication. Ce phénomène pourrait se produire à température ambiante avec une durée de vie compatible avec la pensée, compatible avec la possibilité pour un être vivant d'interagir avec son environnement. Mathématiques et informatique permettent de construire des modèles. La théorie de l'information permet d'imaginer divers types de codage série ou parallèle empruntant les bus biologiques du connectome. La théorie des graphes permet de modéliser le trajet emprunté par l'influx nerveux dans un réseau neural et de déterminer entre autres des conditions d'optimisation

méthodes expérimentales : suivi du débit sanguin par IRM, marquage fluroescent, électroencéphalogrammes, implants cérébraux, sondes de calcium, …

On notera que l'étude de la conscience des premiers êtres vivants n'a guère intéressé les chercheurs jusqu'à ce jour (ceux qui écrivent sur la conscience des plantes étaient souvent pris pour des farfelus il n'y a pas si longtemps encore). La faute à une empreinte culturelle (religieuse) qui nous a longtemps conduit à mépriser les autres espèces. Pourtant

les grandes questions en suspens : identification des nœuds de cosncience et découverte du processus d'activation, lois de l'intelligence autrement dit description de la manière dont les pensées se construisent, s'associent, enfin le Graal, à savoir l'arbitrage du Bien et du Mal. On reprendra ce sujet dans un autre item.



Extrait de wikipedia : cognitive science is the interdisciplinary scientific study of the mind and its processes with input from liguistics, psychology, neuroscience, philosophy, computer science / artificial intelligence, and anthropology ? It examines the nature, the tasks, and the functions of cognition (in a broad sense). Cognitive scientists study intelligence and behavior, with a focus on how nervous systems represent, process, and transform information. Mental faculties of concern to cognitive scientists include language, perception, memory, attention, reasoning, and emotion … The typical analysis of cognitive science spans many levels of organization, from learning and decision to logic and planning; from neural circuitry to modular brain organization. One of the fundamental concepts of cognitive science is that "thinking can best be understood in terms of representational structures in the mind and computational procedures that operate on those structures."

~

Enquête

(Quels sont les suspects impliqués dans le phénomène de la conscience, noyaux de phosphore, microtubules, … ?)

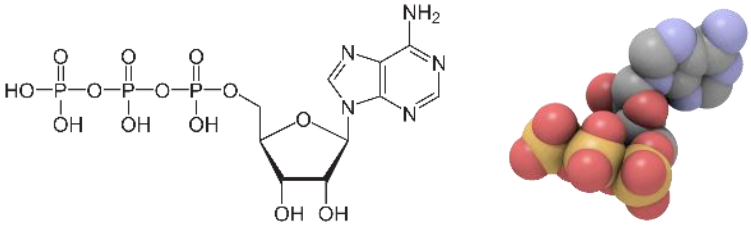
On sait que de l'information circule sans cesse dans un être vivant en empruntant en particulier le réseau nerveux. Les connexions synaptiques jouent le rôle d'aiguillages avec effet mémoire. Elles se rappellent un certain temps (hystérésis) avoir aiguillé l'influx nerveux à gauche plutôt qu'à droite et en cas de nouvelle arrivée d'un influx elles privilégient la gauche … Cela ne signifie pas pour autant que les connexions synaptiques soient le siège de la conscience. Les neurones constituent seulement les sommets du graphe orienté associé au cerveau, un moyen d'exciter le vrai responsable de la conscience au niveau du neurone.

Parmi les suspects on compte le soma ou noyau du neurone, les ribosomes, les microtubules qui font l'objet de nombreuses études, les noyaux d'atomes de phosphore, … tout cela sur fond d'intrication.

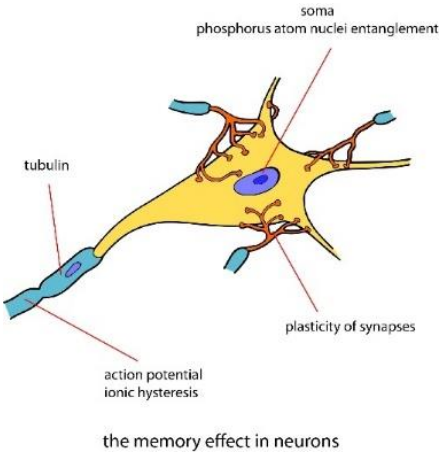
Phosphore : hors atomes de base O, C, H et N, le phosphore est le second atome le plus abondant dans le corps humain (1% de la masse corporelle, à compare à 65% pour O, 18% pour C, 10% pour H, 3% pour N, 1,5% pour Ca, 0.4 pour K, 0.3 pour S, 0.2 pour Na et Cl, 0.1 pour Mg, I et Fe.

Le rôle de P dans les capacités cognitives est avéré. L'implication du phosphore dans l'intelligence n'est pas une nouveauté en Occident. Les élixirs à base de phosphate (le célèbre phosphate Pinard en France) ont fait la fortune de certains entrepreneurs. Quand on vante l'apport nutritionnel des lentilles, on n'oublie pas de mentionner l'apport en phosphore, idem pour l'espadon ou les huitres. Tous ces aliments 'rendraient intelligents'. Sur le plan scientifique, le phosphore est présent dans toutes les molécules de la vie sous la forme d'ions phosphates PO_4^{3-} . L'adénine triphosphate ATP qui stocke l'énergie des cellules contient

trois de ces groupes $C_{10}H_8N_5O_{13}P_3$.



Illustrations : ATP, formule chimique par neurotiker, travail personnel, domaine public, commons wikimedia / schema 3D par Aloopingiconqutemol, pdb source file taken from http ://xray.bmc.uu.se/hicup/ATP, CC BY 2.5, commons. Wikimedia.



Le phosphore P favorise la prolifération de la vie : la variation du % de phosphore en milieu marin au cours de l'évolution a participé directement et indirectement à la radiation en éventail des espèces que nous connaissons aujourd'hui (cette radiation caractérisée par une brusque augmentation du nombre des espèces, métazoaires en particulier, remonte à 600 millions d'années).

Illustration : neurone (source Wikipedia). Certains chercheurs ont avancé l'hypothèse d'une intrication (entanglement) des noyaux de phosphore situés dans le soma, d'autres à la tubuline présente le long des axones.

La concentration en phosphore dans les océans a été multipliée par 10 entre –750 et –620 millions d'années. Ensuite elle est revenue à un niveau constant (probablement en raison du lessivage des roches lié au réchauffement qui a suivi la glaciation de -850 à -630 et qui aurait apporté

du phosphore en milieu marin). On sait que la vie marine prolifère quand le % de phosphore croit. Le phosphore a un effet eutrophisant. Il favorise la prolifération rapide des algues marines phytoplanctoniques. La multiplication d'algues procaryotes (sans noyau cellulaire) dotées d'une activité photosynthétique au temps du cryogénien et ultérieurement a entraîné la production de grandes quantités d'oxygène. La fin de l'épisode de glaciation totale a coïncidé aussi avec une augmentation très importante du % d'oxygène atmosphérique. Ces organismes pluricellulaires eucaryotes (avec noyau cellulaire), sont avides d'oligoéléments tels le phosphore, mais aussi de matière organique et d'oxygène pour respirer, sont les ancêtres de tous les organismes pluricellulaires... dont nous faisons partie… Tout cela conduit à penser que le phosphore a favorisé l'apparition des êtres vivants pluricellulaires.

Dès les années 2015, des physiciens ont montré que les états de spin de noyaux tels que le phosphore (il s'agit de l'intrication quantique de deux noyaux) pouvaient être le siège de superpositions quantiques capables de perdurer, résister jusqu'à plusieurs jours à une décohérence, cela à température ambiante (on sait que la décohérence dans les expériences de physique doit être retardée par le froid). Sur la base de ces travaux, on a alors envisagé que des noyaux d'atomes puissent être impliqués dans l'explication du fonctionnement de la conscience.

Microtubules : la tubuline permet de construire des bus macromoléculaires biologiques constitués de microtubules (les effets de polymérisation-dépolymérisation aux extrémités opposées d'un microtubule créent un effet tapis roulant qui peut entraîner des molécules d'une extrémité à l'autre). Les microtubules peuvent également véhiculer des informations de nature électrochimique (ils sont l'équivalent biologique des bus informatiques dans les ordinateurs.) La tubuline a été introduite assez tôt dans l'histoire de l'évolution. Elle était déjà présente dans le cytosquelette des premières cellules à noyau (eucaryotes) avant l'arrivée des neurones. Les microtubules y garantissent la rigidité (cytosquelette) et participent au transport des molécules au sein du cytoplasme (M sur le schéma).

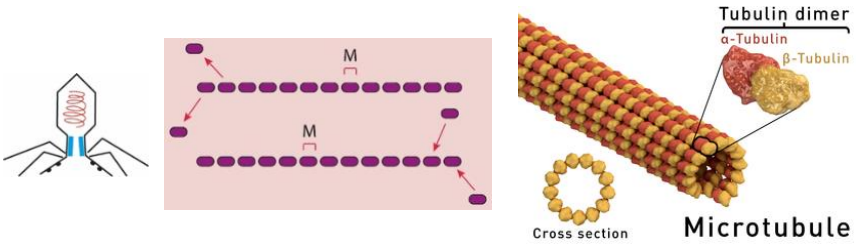


Illustration : déplacement d'une molécule M accrochée par effet de tapis toulant obtenu par polymérisation-dépolymérisation d'un microtubule à ses deux extrémités / M peut, entre autres, transporter de l'énergie. La tubuline peut par exemple fixer des ATP / la tubuline peut servir de tapis roulant pour le transport de molécules par des fragments d'ARN / certains virus utilisent les microtubules pour mieux envahir une cellule (bactériophages ci-dessus). Les microtubules sont construits avec des dimères de tubuline constitués de tubuline type α et type β.

Microtubule structure by Thomas Splettstoesser, personal work, CC BY-SA 4.0, commons 205ikimedia / tubulin, found in almost all eukaryotic cells, can bind Mg ++, colchicine, GTP, and AP energy sources / 'mechanical' functions: cell rigidity by the cytoskeleton made up of microtubules (microtubule = 13 filaments of tubulin), morphogenesis, cell division (a cell cannot grow indefinitely without becoming both mechanically and thermodynamically unstable, hence the need for division), internal fluxes in a cell (the treadmill effect obtained by the polymerization of one end of the molecule and the depolymerization at the same time of the opposite end / within a eukaryotic cell, tubulin can thus serve as a conveyor belt for the transport of molecules by RNA fragments/example: penetration intracellular bacteriophage viruses in a bacterium / for the treatment of certain diseases, bacteriophages constitute an alternative to antibiotics).

Involvement of tubulin during evolution in communication within a living being : absent in prokaryotic cells -> unicellular eukaryotes : transport of molecules within the cytoplasm -> multicellular eukaryotes : cell1-cell2 junction by tonofilaments -> neural networks : neurofilaments of axons.

The functioning of microtubules depends on specific proteins (MAP, Microtubule Associated Protein) which bind to them. By binding two microtubules, MAP2 helps to regulate their spacing, their axial disposition.

Another protein, Tau, this time linked to a single microtubule, plays the same organizing role and also allows the transport of lysosomes and vesicles. It is mainly found in the axons of nerve cells. The presence in large quantities of abnormally phosphorylated Tau proteins (addition of a PO32- phosphate group) can lead to abnormal associations (disordered clusters), which lead to neurodegenerative diseases (Alzheimer among others), the right transmission of information of the information found then compromised (pure guesswork? This would confirm the role of phosphorus in conscious phenomena).

Bien plus tard dans l'évolution, on retrouve la tubuline dans les filaments extracellulaires, un premier essai de communication d'une cellule à une autre (parfois dans des cellules encore seulement agglutinées en colonies mais non intégrées dans un ensemble). Elle a ensuite été impliquée dans les transmissions d'information entre les cellules différenciées des êtres pluricellulaires. Les microtubules sont nombreux aux deux extrémités (axones et dendrites) des neurones impliqués dans le transfert électro-chimique et unidirectionnel de l'information de neurone à neurones. Ils sont très nombreux aussi au niveau du cône de sortie (départ de l'axone, côté noyau_soma, là où nait le potentiel qui va se propager dans l'axone). Certaines dégénérescences mentales sont accompagnées de désordres des arrangements de microtubules.

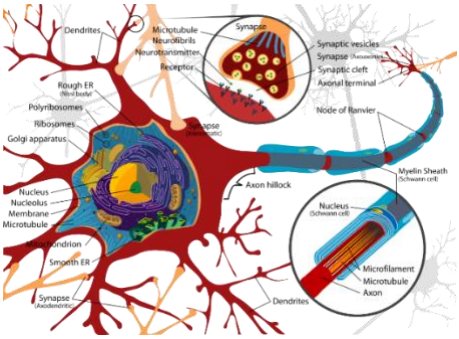


Illustration: diagram of a typical myelinated vertebrate motor neuron by LadyofHats – Own work, image renamed from image: complete neuron cell diagram.svg, public domain, commons Wikimedia

Certains chercheurs ont émis l'hypothèse d'une implication des microtubules dans la cognition. Les microtubules sont des canaux de communication transmettant des informations d'une cellule nerveuse à l'autre, un équivalent biologique des bus informatiques, également des chemisn de transfert d'énergie mais ils pourraient aussi changer d'état comme les portes d'un ordinateur quantique, laissant passer ou au contraire bloquant l'information.

Cependant, on observe déjà un 'comportement' nécessitant une mémorisation et une sélection renforcement de certains comportements chez des microorganismes dépourvus de microtubules. Les bactéries, des procaryotes, n'ont pas de cytosquelette mais font montre d'un comportement. Alors évidemment le matériel nucléaire et le cytoplasme, les ribosomes, peuvent abriter les suspects.

S'il en est de la vie comme du reste de la nature (et il y a tout lieu de le penser) alors la pensée consciente n'est elle -même que le résultat de recettes élémentaires (les processus ou couplages vibratoires qui se produisent dans les amas macromoléculaires ARN_ADN_protéines) appliquées à échelle plus grande (réseaux de neurones) et bénéficiant d'une amélioration considérable de la communication (bus).

Le degré de conscience n'a fait que progresser au cours de l'évolution, le suivi des taux, pourcentages, concentration de microstructures, protéines ou même atomes P impliqués pourrait aider à identifier les centres de vibration C_{vib} supposés être intriqués dans le phénomène de la pensée consciente. Ainsi, on observe que les ribosomes des cellules eucaryotes sont un peu plus gros que ceux des procaryotes et que leurs deux unités comprennent plus de protéines. Les eucaryotes ayant un comportement plus complexe que les procaryotes (un protiste faisant montre d'un comportement plus évolué qu'une simple bactérie). On peut donc supposer que le niveau de conscience est plus grand. Cette remarque est en faveur d'une implication des ribosomes. Dans le même ordre d'idées, on peut aussi remarquer que la concentration en ribosomes est bien plus forte dans le soma des neurones que dans les autres cellules.

Illustration: Bing.com / create, prompt: a symphony orchestra with musician neurons.

Modélisation de la pensée consciente : les supports ou berceaux vivants accueillant et reliant les points intriqués suspectés d'être à l'origine de la conscience ont évolué comme on l'a vu ci-dessus. Mais quel que soit

le degré de complexité, des amas de macromolécules jusqu'aux réseaux de neurones, la problématique reste la même : modéliser la pensée revient à décrire le fonctionnement musical, les associations d'états vibratoires d'une multitude de musiciens_centres de vibrations ou de groupes de musiciens_orchestres partiels. Après les premiers sons ou rythmes primitifs se bâtissent de magnifiques symphonies, celles des pensées complexes. Comment se font les couplages, comment caractériser les pensées. La nature emprunte toujours les mêmes recettes, économie, plus court chemin. On peut donc dans un premier temps raisonner sur des réseaux de neurones élémentaires pour démarrer_initier les premières modélisations.

~

Conscience et évolution

Sur l'émergence de la conscience ? répondre à cette question revient à comprendre comment ont évolué les couplages vibratoires au cours de l'évolution, depuis les êtres vivants les plus simples (agrégats de macromolécules de la vie) et jusqu'à l'homme. Les neurones ne sont pas une condition nécessaire pour qu'il y ait intelligence (et par voie de conséquence, une ébauche de conscience chez les êtres vivants). Intelligence et conscience sont indissociables même si les réactions des premiers êtres vivants ressemblent à s'y méprendre à de purs automatismes.

Si l'on admet que l'intelligence humaine n'est que le développement de quelques processus de base, alors il faut bien que nous allions chercher chez les premiers organismes, dans les premières manifestations de la vie, l'explication finale de la conscience, résoudre l'énigme de la vie. On doit bien sûr intégrer dans cette réflexion ce que l'on sait à propos de la sélection naturelle, du métabolisme, des propriétés de réplication, différenciation et division cellulaire, reproduction.

Si nous ne percevons pas de conscience dans un solide cristallin, c'est seulement parce que les modes ou possibilités d'animation, agitation, vibration sont bien plus faibles que dans une macromolécule d'ARN. Dans les amas d'ARN_ADN_protéines, les énormes possibilités d'interaction entre les diverses parties permettent que des modes vibratoires d'une incroyable complexité s'établissent. Le degré de conscience devient alors notable pour l'homme qui est fait de ces amas.

La conscience émerge naturellement quand surgissent les macromolécules de la vie dans la dynamique d'expansion de l'univers. Elles peuvent émerger en divers endroits de notre univers, au sein de galaxies lointaines, dans la nébuleuse d'Orion à plus de mille années lumière de notre Terre (présence de CH3+). Nous avons la réponse à notre question. Reste à déterminer comment pourrait se faire cette mobilisation vibratoire globale d'une structure vivante, de quelle manière elle participe au développement des êtres vivants, si elle pourraite expliquer ce que certains appellent le souffle de vie.

Quand la conscience devient un facteur d'évolution : la plupart des espèces inventées au cours de l'évolution ont aujourd'hui disparu. Vers la fin de sa vie, Charles Darwin pensait que l'évolution était avant tout le fait du hasard, et par voie de conséquence l'apparition de l'homme également.

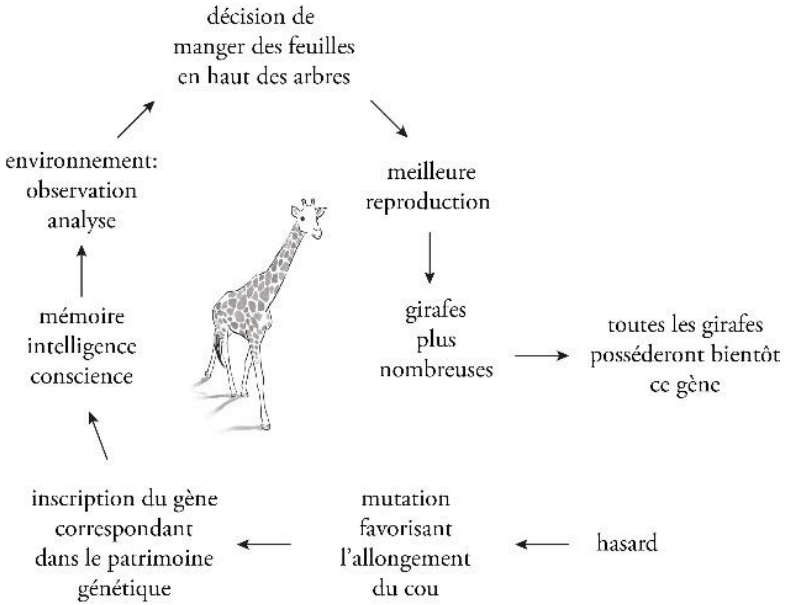


Illustration : néo-Lamarckisme et Darwinisme : chez les êtres vivants les plus primitifs la conscience ne joue qu'un rôle négligeable dans l'évolution, les mutations conduisant à des variantes plus adaptées à l'environnement, mieux à même de se perpétuer, sont retenues automatiquement. C'est le Darwinisme pur. En revanche, quand l'intelligence et la conscience croissent (de pair), alors la conscience commence à jouer un rôle important. Intelligence et conscience guident le comportement au détriment du comportement primitif, automatique, dit 'reptilien'. L'espèce peut alors adopter un comportement contraire à son bien, son développement, sa pérennité (cas de l'humanité).

Certaines espèces sont capables de changer une petite part de leur génome, ou d'endormir en quelque sorte un caractère (son expression) par l'usage ou le non-usage répété d'une fonctionnalité particulière dûe à des modifications dans leur environnement (question relevant de l'épigénétique, id la manière dont sont exprimés les gènes, et remettant

en selle la vision néo-lamarckiste. Une espèce végétivore devenue omnivore peut redevenir végétivore relativement rapidement si l'environnement l'exige (certains lézards d'Europe). La sélection des animaux domestiques peut endormir l'expression de gènes qui étaient utiles à la vie sauvage. Chez certains primates, l'expression des gènes olfactifs peut aussi être oubliée dès lors que d'autres sens prennent le dessus et suffisent à garantir la vie et le développement de l'espèce. Sur des échelles de temps importantes on peut imaginer que certains gènes inutilisés puissent disparaître.

Avec notre niveau de conscience et intelligence actuel, nous sommes désormais capables de modifier nous mêmes notre génome. Cela signife que par notre seule volonté nous pourrions décider de la façon dont l'arbre de l'évolution va continuer à s'épanouir. Les généticiens-jardiniers pourraient à l'aide de ciseaux génétiques pourraient le tailler à leur gré, en faisant disparaître des espèces, comme de faire des greffes pour obtenir de meilleurs fruits. La volonté humaine est devenue elle-même un facteur à prendre en compte dans l'évolution.

Dans le modèle darwinien pur, le hasard des mutations fait apparaître des girafes à long et petit cou et si la nourriture disponible est seulement en hauteur alors seules les girafes à long cou peuvent survivre. Dans le modèle de Lamarck, une girafe quelconque allonge son cou à force de s'évertuer à manger des feuilles situées toujours plus haut dans les arbres. La fonction développe l'organe. Dans les expressions possibles du gène contrôlant la forme du cou, la longueur est favorisée par l'usage.

Chez l'homme, le fait de penser toujours contribue à développer le cerveau. La conscience de soi, le libre arbitre sont devenus suffisant pour permettre à l'espèce de faire aussi bien des choix avantageux que désastreux. L'espèce humaine a même aujourd'hui la possibilité de modifier son génome, contrôler son évolution. La conscience est bien devenue un facteur d'évolution.

Gènes sauteurs : la conscience peut influencer l'évolution. Le choix conscient (libre-arbitre) peut conduire un être vivant à privilégier telle ou telle part dans l'environnement accessible (l'environnement créant le moins de stress, celui où l'animal considéré ressent consciemment que

les conditions de vie sont meilleures. Les conditions pour qu'une mutation aléatoire soit retenue peuvent en conséquence changer. Une même mutation qui serait intéressante pour la survie de l'espèce sera par exemple retenue dans le sous-environnement 1 (il y aurait un avantage sélectif) mais pas dans le sous-environnement 2 dans lequel cette même mutation ne procurerait plus aucun avantage sélectif. Ceci n'est pas valable bien sûr pour les espèces qui n'ont pas encore capacité de faire des choix (niveau d'intelligence et conscience trop bas, vie automatique id réflexe).

Ressenti conscient de l'environnement → changement d'environnement → modification des conditions de sélection d'une mutation

Plus précisément, une situation de stress (ressentie comme tel par la conscience) engendre l'émission de molécules qui peuvent moduler l'expression du gène à même de répondre au stress considéré. Chez les êtres vivants, une partie du génome, qualifiée d'obscure, ne sert pas à coder directement la fabrication de protéines (seulement quelques % chez l'homme). Elle peut contenir des gènes endormis, des doublons (gènes identiques) et des **gènes sauteurs** (parfois qualifiés en français de transposons) qui font preuve de mobilité le long du génome. **Aux mutations naturelles** (survenant d'elles-même sans irradiation extérieure ou application d'un autre facteur mutagène d'ordre physique ou chimique) et aléatoirement au sein d'un même gène G1 (voir illustration) **doivent** alors **s'ajouter les mutations dues à l'insertion d'un transposon** au sein de G1 qui crée en quelques sorte un nouveau gène G2. À ce premier processus s'ajoute un second dans lequel le gène sauteur vient au voisinage du gène G1. Cette arrivée perturbe elle aussi l'expression du gène G1 (resté inchangé) à savoir la retranscription par l'ARN messager de la séquence génétique de G1 (instructions de fabrication utilisées ensuite dans les ribosomes avec l'aide de l'ARN de transfert pour fabriquer la protéine capable de contrer le stress considéré). On parle parfois d'**épimutation** (et non pas de mutation puisque le gène G1 est inchangé. En situation de stress, ces transposons peuvent moduler la recopie du gène permettant de répondre à ce stress particulier

ressenti conscient d'un stress → émission de molécules → influence

sur l'activité des gènes sauteurs → modulation de la retranscription par l'ARN messager

Les gènes mobiles (sauteurs, transposables, transposons) sont peu nombreux chez les bactéries qui ont un génome réduit mais chez l'homme ils constitueraient jusqu'à 45% du génome complet (en temps normal la plupart d'entre eux sont inactivés). Chez la souris il y en aurait 35% et chez la drosophile (petite mouche utilisée en laboratoire) environ 15%. La mais semble être un champion avec ses 85%.

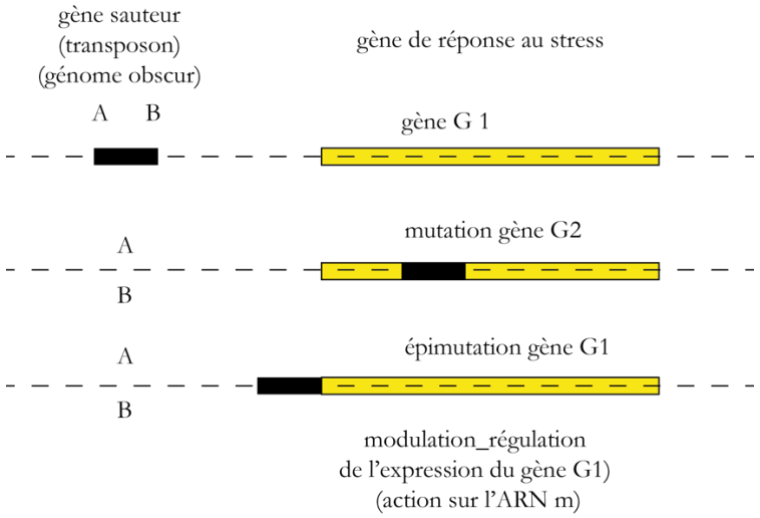


Illustration : stress, gènes sauteurs et modulation de l'espression des gènes / quand un gène sauteur vient sà côté du gène G1 codant la protéine à fabriquer, le processus de transcription est en quelque sorte perturbé (l'ARN messager est une copie linéaire simple brin contenant la séquence codant la protéine mais aussi les régions non-codantes qui l'encadrent)

Génome obscur (part du génome non codante pour des protéines et contennat de nombreuses séquences répétées) : on a pensé un temps que cette partie du génome (la plus importante) ne servait à rien, n'étaant en quelque sorte qu'un fossile. L'évolution à ajouté progressivement des gènes qui peuvent ne plus avoir d'utilité directe tout en étant encore présents (chez certaines espèces de mammifères l'odorat est très développé mais chez l'homme l'avantage évolutif considérable procuré par la possibilité de combiner vue et préhension

des membres antérieurs a rendu secondaire la fonction olfactive). En fait on découvre peu à peu que certains éléments de ce génome obscur jouent un rôle moteur dans l'évolution et la biodiversité. Les séquences mobiles du génome obscur (gènes sauteurs) exercent une influence sur le taux de mutation.

Enfin, aux processus de mutation impliquant le ressenti conscient, il faut bien évidemment ajouter les **modifications de génome dûes à une intervention humaine** (organismes génétiquement modifiés), ce qui confirme le rôle croissant de la conscience dans l'évolution.

Illustration : Bing.com / create, left : DNA scissors create an anthropomorphic monstrous rat

Le développement de la vie se résume_réduit au départ à un phénomène d'auto_catalyse. La suite n'est que la conséquence du développement de ce phénomène, réplication → reproduction, excitation vibratoire globale rafraîchie d'une molécule d'ADN → influx vital stabilisateur des organismes → influx nerveux et pensée consciente. Le fait que la circulation d'un flux vital d'information favorise le développement la vie n'est pas une cause première mais un phénomène corollaire associé à la conscience. Ce n'est que plus tard dans l'évolution que le degré de conscience va croitre jusqu'à permettre une conscience de soi qui deviendra un facteur d'évolution à prendre en compte en plus du hasard et de la sélection naturelle. L'homme peut donc aujourd'hui décider ou non d'aller plus loin dans l'auto-organisation. Ce n'est donc

pas une fatalité.

Dans la fiction, Krawn explique Joy que ce sont les phases de rétablissement de l'équilibre dans le cycle des univers qui sont les plus intéressantes et non pas l'état primordial. Nous devons être lucides et humbles. Nos capacités intellectuelles mêmes étonnantes ne sont probablement que l'indice qu'une intelligence-conscience supérieure existe, que nous n'atteindrons sans doute jamais. Soyons ce que nous sommes, en apprenant à gérer le Bien et le Mal et nous serons heureux sur notre planète bleue, même dans les dimensions limitées de la réalité de notre monde. La socialisation illimitée n'est pas une nécessité, bien au contraire c'est elle qui a apporté la plupart des maux que nous connaissons aujourd'hui.

Il n'y a pas de souffle de vie comme l'imaginent certains maîtres spirituels (souffle divin), pas de vitalité mystérieuse et incompréhensible imaginée par certains philosophes, pas d'âme au sens religieux. L'étincelle de vie qu'ils imaginent existe cependant. C'est un signal, une vibration, qui naît naturellement dans les macromolécules de la vie, réussissan à réveiller pour un temps des particules intriquées, activant alors les pensées.

~

Conscience de soi

Élaboration des pensées : la partie la plus interne du cerveau (hypocampe, amygdale, …) construit les pensées, jouant en quelque sorte un rôle de chef d'orchestre. Pour cela, elle utilise des signaux-informations en provenance des sens (informations externes sur l'environnement, internes sur le métabolisme), et elle rappelle également des informations contenues en mémoire dans le cortex. Une fois le travail terminé (traitement de l'information), selon l'importance, le produit (la nouvelle pensée qui vient d'être élaborée) est stocké en mémoire à son tour ou alors effacé. Les hormones jouent un rôle essentiel dans ce processus en renforçant ou non les connexions synaptiques par des apports en protéines spécifiques.

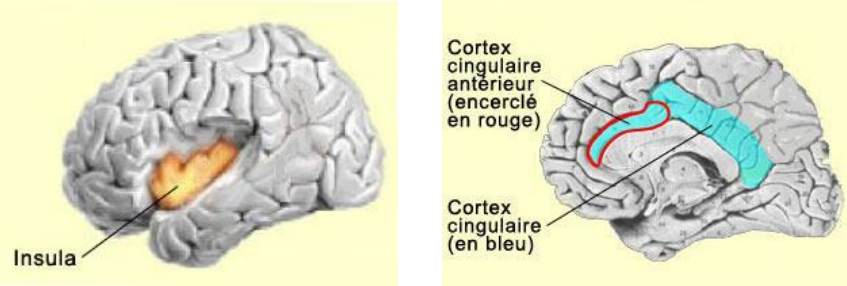


Illustration : insula, source lecerveau.mcgill.ca

Insula : l'insula, est une partie du cortex cérébral placée entre la zone extérieure du cortex extérieur et le centre du cerveau). Elle reçoit des signaux en provenance du thalamus, et elle en expédie à l'amygdale et au striatum ventral (système limbique, cerveau émotionnel, déjà présent chez les reptiles et les poissons / le système limbique est impliqué dans l'apprentissage de la mémoire, l'olfaction, la régulation hormonale, l'appétit, la régulation du système nerveux autonome), également au cortex orbitofrontal.

Neurones NVE : on trouve dans cette aire du cerveau des neurones particuliers, en forme de fuseau, les neurones NVE (1925, C. von Econom). De type bipolaire axone et dendrite unique alignés, disposés à l'opposé de part et d'autre du soma), ces neurones, assez rares ches les animaux, seriant apparus il ya une quinzaine de millions d'années.

Wikipedia, à neurones NVE : les neurones en fuseaux sont présents dans très peu de régions du cerveau des hominidés : le cortex singulaire antérieur, le cortex fronto-insulaire et le cortex préfrontal dorsolatéral. Ils ont aussi été retrouvés chez de nombreuses espèces présentant un coefficient d'encéphalisation élevé, baleines, dauphins, éléphants … Les NVE sont de grosses cellules (plus grosses que les cellules pyramidales), fusiformes, avec un axone apical unique et un buisson dentritique sur leur face basale. Ils sont principalement présents dans deux régions cérébrales : l'insula et le cortex cingulaire et un peu plus nombreux dans le cortex cérébral droit … Les NVE sont rares dans le monde animal et leur présence est corrélée avec des taux d'encéphalisation élevés … Dans le cas de la démence fronto-temporale, il est observé une perte de 75 % du nombre des NVE, de même que dans certains cas d'autisme et de schizophrénie précoce.

L'insula est impliquée dans les émotions (perception de la douleur, de la température, du rythme cardiaque), dans la conscience de soi et d'autrui. Elle est composée du cortex cingulaire et du cortex cingulaire antérieur. On constate que ce dernier est particulièrement développé chez les grands singes et les humains (plus que pour d'autres espèces animales, un effet plus marqué dans l'hémisphère droit). Les deux espèces démontrent un plus grand intérêt pour les autres (essayer de se mettre à la place de l'autre, de comprendre ses émotions / être plus à leur écoute, sociabilité) et aussi pour soi-même (conscience de soi). L'activité du cortex singulaire augmente quand on pique un sujet avec une aiguille (douleur) mais aussi quand ce cobaye humain voit un autre se faire piquer (les neurones impliqués, neurones miroirs, ne font pas de distinction entre soi-même et les autres). Enfin, globalement, notre comportement social dépend de l'insula. Un trouble de cette zone peut entraîner une déconnexion de l'environnement, un repli sur soi, un oubli des autres personnes.

Certains chercheurs intègrent l'Insula dans le système limbique. Ils la considèrent comme une sorte de porte d'entrée de la conscience. L'amélioration de la conscience de l'autre et de soi-même dénote un progrès, reflète une meilleure précision dans l'appréciation d'une situation. Ainsi, une odeur qui jusque là (on veut dire par là pour des espèces moins évoluées en insula) était une simple information binaire + ou -, utile-inutile, bon-mauvais, pourra maintenant être décodée de manière plus subtile, plus détaillée, plus complète et être par exemple ressentie comme dégoutante. Ceci nécessite plus d'expériences mémorisées (un grand nombre d'odeurs, plus ou moins puissantes, incluant plus de fragrances.

L'insula peut pousser le ressenti conscient à des extrêmes, dégoûts, empathie illimitée (besoin irrépressible de toucher un autre, empathie exagérée, amour irrationnel, incontrôlable).

Une expérience : demandons à un sujet de penser qu'il joue au tennis. Les aires du cerveau activées quand il joue réellement sont activées de la même manière (d'autres correspondant à d'autres tâches sont désactivées. Ce processus d'activation désactivation est gelé par l'administration d'un anesthésiant (propofol entre autres) qui bloque l'activité du cortex insulaire antérieur AIC. Le rappel mémoire du jeu de tennis est inhibé. Cette observation n'est pas étonnante dans la mesure où l'AIC est en position intermédiaire dans la hiérarchie corticale. Les chercheurs ayant mené à bien ces expériences (2021) ont conclu à un rôle de filtre, de porte de la conscience notant que si l'AIC n'est pas actif, alors des stimulis entrants n'ont pas d'effet sur la construction d'une pensée. Porte d'entrée vers quoi ? Il fut un temps où l'on se demandait où était le siège de la conscience. Il semble qu'il n'y en ait pas, pas plus qu'il n'existe de siège de l'âme …

Bing .com, images, create prompt : a blue black bird facing a mirror reflecting it, surprised, digital art

C'est la mobilisation globale de plusieurs aires du cerveau qui aboutit

à la création d'une pensée, il n'y a pas un noyau conscient. En revanche, la synchronisation globale de l'activation des différentes aires est faite par le système limbique. D'autres chercheurs (2022) ont d'ailleurs souligné la capacité de l'hippocampe à jouer le rôle d'interrupteur permettant de passer d'un état de mémorisation (construction d'une nouvelle pensée, encodage, envoi en mémoire) à un état de remémoration, rappel de souvenirs (depuis le cortex). Un potentiel électrique de dépolarisation, transitoire, faible, apparait dans les neurones granulaires du gyrus denté (en amont de la couche CA3 de l'hippocampe).

La conscience de soi n'est pas apparue soudainement. Véritable avantage évolutif, elle est apparue chez plusieurs espèces. La croissance des structures dont on vient de parler permet d'emmagasiner toujours plus d'expériences en mémoire et d'effectuer toujours plus de comparaisons. Certains oiseaux sont capables de se reconnaître dans un miroir.

Intelligence affective

Question : on oppose de plus en plus souvent à l'intelligence pure une intelligence dite affective. Selon certains, elle aurait encore plus d'importance que la première. Qu'en penser ?

Réponse : on distingue dans Ydunéa (2ème partie, ici et là, l'ordre des choses) l'intelligence de la conscience, ce dernier attribut ou phénomène caractérisant les choses vivantes mais pas les choses inertes (comme la plupart des calculateurs contemporains construits avec des transistors). La pensée consciente peut se concevoir comme une succession de phases intelligentes et conscientes. Au cours de ce processus, le cerveau régulateur réagit en fonction de l'affect ou ressenti conscient associé à chaque pensée partielle. Selon que l'affect est positif ou négatif, une pensée est retenue_encouragée ou alors effacée. Ce qu'on appelle intelligence affective est en fait la capacité à jongler avec ce processus.

On remarquera que si l'intelligence pure (processeur, échanges

mémoire, traitement mathématique des informations) est médiocre, cela représentera un handicap important mêmepour des personnes qui auraient par ailleurs des aptitudes particulières en 'intelligence affective'. Prétendre sélectionner des élites sur ce seul critère en oubliant les aptitudes sur le plan de l'intelligence pure (mesurées par les aptitudes mathématiques) est donc une erreur.

Bing .com, images, create, prompt : politicians and monkeys looking at each other, watching facial expressions and gesture.

Par ailleurs, l'intelligence affective n'a pas de réel intérêt dans une optique transhumaniste où le social pourrait être amené à s'effacer (un seul être ou des êtres en nombre réduit hyperintelligents et conscients plutôt que des milliards d'individus connectés). Le social n'est pas forcément l'avenir de l'espèce. Ce n'était peut-être qu'une transition, une étape de l'évolution initiée par le hasard et la nécessité.

L'intelligence dite affective a permis et permet encore aujourd'hui à une minorité de parasites malfaisants de dominer tous les autres, les manipuler, les conditionner, les exploiter (politique, juridiques_avocats, journalisme d'opinion, métiers de la publicité, psychologie, prêtres et gourous, …). Ces métiers sont appelés à disparaître au temps de plénitude.

~

Conscience du Bien et du Mal

Bien-être : le bien-être d'une chose vivante est obtenu quand la plénitude de toutes les fonctionnalités de l'organisme est effective (cela inclut les fonctionnalités mentales évoluées développées chez les êtres céphalisés). L'évolution a fait en sorte d'optimiser le maillage de chaque être vivant de manière que la communication soit optimale entre toutes les parties de l'organisme (trajets optimaux, théorie des graphes). La communication au sein d'un être vivant peut être comparée à une orchestration. Quand les diverses parties_musiciens réussissent à jouer en harmonie, on obtient une symphonie, parfaite, bien-être, bonheur et harmonie. Si une partie fait défaut alors la disharmonie s'installe et l'organisme réagit pour tenter de rétablir l'équilibre. La qualité de la mobilisation et du couplage de tous les nœuds de conscience d'un être vivant pourrait donc constituer un indicateur de bien-être.

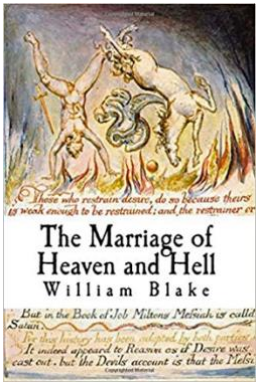
Illustrations : extrait de la planche 3 dans le mariage du Ciel et de l'Enfer de William Blake.

Sans contraires, il n,'est pas de progression. Attraction et Répulsion, amour et haine sont nécessaires à l'existence humaine. Ces Contraires sont la source de ce que les religieux appellent Bien et Mal. Le Bien est le passif qui obéit à la raison. Le Mal est l'élément actif qui jaillit de l'énergie Le bBen est le ciel. Le Mal est l'enfer.

Ressenti de Mal : on ressent du bien-être, état de bien, quand toutes les fonctionnalités ou capacités de la chose vivante considérée sont assurées. Le ressenti en Bien ou en Mal concerne aussi les fonctionnalités mentales. Imaginer une nouvelle théorie mathématique peut procurer

des sensations de plaisir (découverte d'une propriété nouvelle) comme de déplaisir (incapacité à trouver une solution). On a un cycle de Bien et de Mal comme celui qui interviendrait dans la réaction à une situation environnementale réelle.

Extrait de la planche 4, la voix du diable



Toutes les bibles ou codes sacrés ont été à l'origine des erreurs suivantes :

1/ L'homme a deux principes réels d'existence, à savoir un corps et une âme.

2 / l'énergie, appelée le Mal, n'émane que du corps, et que la raison, appelée le Bien, n'émane que de l'âme.

3/ dieu tourmentera éternellement l'homme pour avoir suivi ses énergies.

Mais c'est le contraire qui est la vérité :

1/ l'homme n'a pas un un corps différent de son âme.

2/ ce qu'on nomme corps est une partie de l'âme que perçoivent les cinq sens, principaux accès de l'âme en cette époque.

3/ L'énergie est la seule vie et provient du corps, et la raison est la limite ou la circonférence extérieure de l'énergie.

4 / l'énergie est délice éternel.

Comme on l'a expliqué dans l'item précédent, le cerveau humain est une machine à gérer les peurs, contrer le mal, favoriser la survie et la reproduction de l'espèce. Ce sont les peurs qui sont la motivation première du comportement humain, qui engendrent les actions. En ce sens, les peurs, associées au mal, sont l'énergie dans la pensée de W. Blake.

En extrapolant, la force, la puissance, la transformation de la nature par l'homme relèvent du Mal, de l'Enfer, d'un Diable considéré comme véritable moteur de notre vie, de toutes nos activités. À l'inverse, ce que nous appelons le Bien, correspond à l'inactivité, l'indolence, la paresse, la somnolence. Le mal est créateur, le Bien total est anéantissement de la conscience.

Cette manière de voir les choses rejoint le principe d'unicité de la nature présenté dans Ydunéa, la dénonciation aussi de l'erreur consistant à séparer un monde tangible d'un monde spirituel.

Extrait de la planche 5, à propos de Satan, livre de Job, associé par W. Blake au Messie de Milton :

La raison pour laquelle Milton écrivit dans les fers quand il écrivit des anges et de dieu, et libre quand il écrivit des démons et de l'enfer, c'est qu'il était un vrai poète, et, sans le savoir, du parti du diable

Il apparut en fait à la Raison que le Désir avait été chassé, mais aux dires du Diable, c'est le Messie qui déchut et fit un ciel de ce qu'il vola à l'abyme.

Éradiquer le Mal : le Bien et le Mal sont inhérents à la vie. Vouloir éradiquer le Mal est une utopie, pire encore une erreur. C'est bien la peur qui a fait naître l'empathie, par la nécessité de connaître les autres dans les sociétés animales, la peur que certains d'entre eux agressent, prennent la meilleure nourriture, dominent les plus belles femelles. L'empathie est donc faite pour les faibles, comme l'égalité qui en découle ou les libertés individuelles illimitées, l'égalitarisme et finalement les stupides démocraties contemporaines, insultes à l'intelligence et à l'excellence.

Il faut prendre le mal pour ce qu'il est, le pendant du bien dans une dynamique d'incessants écarts de régulation pour revenir à l'état premier d'harmonie. Les écarts à l'équilibre engendrent des actions ressenties en Mal, souffrances, efforts, visant le retour à l'équilibre, à l'harmonie, au Bien (le Bien pour certains étant au prix du mal pour les autres). Ces écarts peuvent être des déséquilibres physico-chimiques, des dérégulations métaboliques, plus largement des états qui ne répondent pas aux lois de la nature (en amont à son ordre mathématique).

Lorsque la situation est corrigée, on peut ressentir du bien-être mais le Mal est indissociable du Bien. Les déséquilibres physicochimiques entraînant la réplication de l'ADN, plus tard la division cellulaire et la reproduction, l'enfantement, tout cela se fait dans la violence, le déséquilibre, la douleur. Il s'agit de réactions nécessaires pour rétablir

l'équilibre, l'harmonie. On ne peut ressentir le Bien libérateur associé à l'atteinte d'un objectif sans éprouver auparavant le Mal. Le Mal était reconnu par de nombreuses spiritualités ou religions avant que le Christianisme ne vienne le diaboliser. Il avait ses propres Dieux. Athéna, déesse parmi d'autres de la sagesse, portait les armes. Les grandes civilisations se sont construites dans le Mal, la force, la cruauté même si l'Occident a toujours essayé de le faire oublier hypocritement en instrumentalisant le Christianisme hypocrite. Dans l'hindouisme, Vishnou est un Dieu tout à la fois destructeur et créateur-rédempteur, dans l'alternance des cycles indissociables du Bien et du Mal.

Illustration : Cerbère gardant la porte de l'enfer, par William Blake, illustration pour la Divine Comédie de Dante Allighieri, National Gallery of Victoria, Melbourne.

Danc cette manière de considérer les choses, l'enfer peut être créateur. Dionysos chez les Grecs anciens était le dieu des forces de la nature, des orgies, de l'ivresse, de la musique. On l'a souvent considéré en Occident comme Dieu du déséquilibre, du Mal. Apollon, à l'opposé, était le dieu de l'individuation, de l'illusion, de la force, de l'ordre, des arts plastiques, autrement dit dans la mentalité occidentale chrétienne puis postchrétienne, le symbole de l'équilibre, associé au Bien. Les différences sont constructives, engendrent des réactions. Mais le bien est

tristesse quand il prétend se confondre avec l'uniformité, l'effacement des différences. L'égalité réclamée par le Bien ne profite qu'aux paresseux, ceux-là mêmes qui sont avides de l'état d'inconscience. La béatitude obtenue par la méditation est un renoncement, l'anéantissement de la conscience, une drogue que l'on s'administre.

Illustration : la divine comédie de Dante illustrée par William Blake, les principaux vices : la luxure, l'orgueil et l'avarice (convoitise et cupidité).

La sagesse dans l'équilibre du Bien et du Mal : les clefs de la sagesse se trouvent dans la maîtrise de l'équilibre du Bien et du Mal. La Sagesse doit conduire au Bien-être et au Bonheur. Elle est donc une bonne gestion du Bien et du Mal. La vie est une succession de désirs et d'oublis, de situations de Mal et de Bien. Atteindre le Bien-être, au-delà le Bonheur, revient à satisfaire toutes les envies successives se présentant dans la vie quotidienne, induites par des stimulations extérieures ou encore de manière interne par un souvenir, une expérience ravivée. La Sagesse nous invite à gérer raisonnablement les envies incessantes qui se présentent dans notre vie quotidienne. Autrement dit il faut apprendre à maîtriser le déroulement des phases alternées de Bien et de Mal, à contrôler la succession de plaisirs-déplaisirs. La réussite individuelle est liée au taux de réussite des actions entreprises pour obtenir ce qui est convoité. Bien

sûr, il ne faut pas présumer de ses forces de même qu'il ne faut pas faire preuve de timidité excessive. La sagesse est entre les deux, savoir évaluer ce qui est raisonnablement possible. Cela signifie que, autant que faire se peut, il ne faut pas convoiter trop grand. L'ambition engendrera des risques, du stress, un ressenti conscient renforcé, du mal, dans un premier temps alors que l'immobilisme au contraire engendrera calme, repos, aucune excitation mentale particulière, donc du Bien.

Illustration : revers d'une monnaie en argent, Athènes, vers 400 av. J.-C., CdM Paris. La chouette est l'emblème de la déesse Athéna, protectrice de la cité. Plus tard à Rome, elle sera Minerve, déesse de la guerre, de la civilisation, du savoir, de la sagesse, mais née avec des armes ce qui montre bien que la force est nécessaire à la sagesse.

Vers une machine à fabriquer le Bonheur : maîtriser le Bien et le Mal

revient à maîtriser les alternances de renforcement et effacement des boucles de pensée, autrement dit à gérer les déséquilibres ou désordres transitoires créés en permanence dans le cerveau par des activations préférentielles de boucles, et qui introduisent des inhomogénéités dans la communication globale. L'homogénéité totale correspondrait à un état d'inconscience dans lequel circulerait encore des influx nerveux mais de manière identique partout, un état de bien-être. On peut imaginer une machine à fabriquer du bonheur qui serait construite sur ce concept de contrôle de dérégulations locales du cerveau. Une implantation cérébrale fine permettrait de contrôler ces processus en agissant sur les sécrétions d'hormones. Ici encore les simulations peuvent aider à la compréhension du processus.

Mesure de l'état de bien-être : une chose vivante peut être considérée comme une construction faite à base de protéines mais dont toutes les briques sont en interaction constante. Le métabolisme doit être considéré comme un phénomène dynamique impliquant des actions et rétroactions incessantes. Quand une ou plusieurs unités_protéines sont endommagées, le métabolisme se trouve en défaut, la communication globale est compromise. Cela engendre alors un ressenti de mal-être (dans la vision d'Ydunéa, l'état d'harmonie baisse). Le niveau de bien-être ou mal-être peut en conséquence être mesuré à partir des taux de diverses hormones. C'est une mesure indirecte, une mesure plus fine requérant un mapping vibratoire dynamique complet.

~

Comportement

Les motivations humaines ont changé depuis le Paléolithique. À l'âge de pierre, la préoccupation principale était la survie. Peur des bêtes sauvages, peur de ne pas trouver de gibier, peur des éléments, peur des blessures, maladie, accouchements difficiles, tout cela était le quotidien des chasseurs-cueilleurs-pêcheurs. Une fois sédentarisé, l'homme s'est trouvé quelque peu délivré des soucis précédents. Il s'est mis à rêver d'avoir plus que le nécessaire. Il a cherché à se dépasser, en Bien comme en Mal. En Bien par la soif de connaissances, en Mal par la cupidité, le pillage, la guerre.

Notre avenir n'est pas complétement écrit, défini à l'avance, comme on l'entend parfois. Nous ne sommes pas, contrairement à ce que l'on entend souvent, sous le coup d'une destinée impossible à contrer. Les décisions que nous prenons relèvent pour bonne part de notre libre arbitre.

Les mécanismes hormonaux impliqués étant les mêmes, le recours au virtuel est de plus en plus utilisé chez ceux qui ne peuvent stisfaire dans la vie réelle leurs aspirations au dépassement sur le plan physique (sexe, brutalité, sport, gourmandise, …). Les jeux vidéo sont une compensation pour ceux qui sont incapables ou s'engager dans le dépassement intellectuel à travers des activités de recherche ou création mentale (ingénierie, art, …).

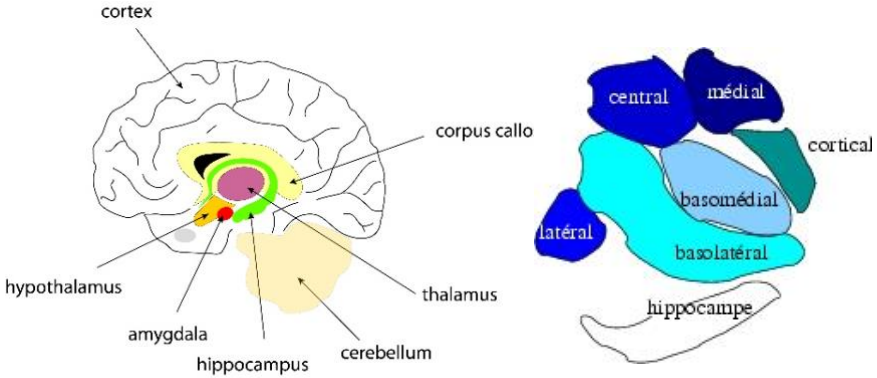
Le comportement humain n'est par ailleurs qu'une extrapolation, une sophistication des premiers comportements du vivant.

En fonction de quoi se fait la prise de décision. On est là au cœur de la conscience, un sujet la plupart du temps occulté parce qu'il est ici question du Bien et du Mal. Il est vrai que les conclusions peuvent être dérangeantes car on peut toujours trouver autant de bonnes raisons de faire le Mal que de faire le Bien. On consacre un item spécial à cette

question du Bien et du Mal, un sujet en relation avec l'Harmonie. Disons seulement ici que l'homme ne fait pas toujours des choix pertinents pour l'espèce, partagé entre l'intérêt individuel et l'intérêt collectif. La pertinence d'une décision peut en outre dépendre du choix personnel que l'on fait entre atteinte d'un objectif immédiat ou au contraire à plus long terme. La capacité à anticiper se heurte également au fait que l'avenir est pavé d'inconnues. Une bonne part des décisions humaines repose donc sur l'affectif.

Gestion de la peur: ce sont les structures cérébrales internes qui gèrent la peur, en particulier le noyau cérébral appelé amygdale. Sa fonction essentielle est de traiter les stimulis émis par les cinq sens réels (vue, ouie, goût, odorat, toucher) en présence de danger (on ne considère pas pour l'instant de la peur autoengendrée par le cerveau capable de créer lui-même des stimuli agissant comme ceux des sens réels, comme s'ils étaient engendrés par un implant cérébral).

On lit parfois que l'amygdale attribuerait une valeur positive ou négative aux expériences vécues avant de déclencher l'émission d'hormones appropriées. C'est une façon de parler équivoque qui pourrait laisser penser que l'amygdale est une sorte de juge mystérieux du Bien et du Mal. Bien sûr, il n'en est rien ; on est en présence d'automatismes même si les boucles de régulation progressivement construites par l'évolution sont très complexes.



Illustrations : la priorité du cerveau est de gérer la peur. L'amygdale réagit aux dangers de l'environnement. La stimulation électrique de l'amygdale crée chez les chats des réactions de défense (examen détaillé de l'environnement,

posture d'attaque, poils qui se dressent, grognements, augmentation de tension, tachycardie, …) touts signes liés à un ressenti de danger. Chez les êtres humains, cette stimulation électrique (appliquée en post-opération de sujets épileptiques) entraîne peur et anxiété. L'amygdale peut exciter les glandes surrénales pour qu'elles émettent de l'adrénaline (hormone guerrière, utile dans le combat, la lutte) et quelques minutes après du cortisol (hormone favorisant la transformation de graisses en sucres ainsi que leur libération préférentielle, par exemple au niveau des membres pour prendre la fuite).

À droite, amygdale, CC BY-SA 3.0, commons wikimedia.

Circuit de la peur chez la souris : lorsqu'un animal perçoit une menace et engage un processus d'évitement, l'amygdale fait durer persister une activité dans le cortex préfrontal jusqu'à la prise de décision. Il y a une interaction entre la partie basolatérale de l'amygdale et la partie dorsomédiale du cortex préfrontal (Inserm, 2021). Le cortex préfrontal associe non seulement le son à une menace, mais contrôle l'action à venir.

La veille_surveillance de l'environnement par un organisme vivant est permanente. Les sens (par ex vue) transmettent des informations alrmantes au thalamus. Ce dernier sollicite alors l'amygdale d'une part (directement, sensation de danger) et d'autre part transmet au cortex qui après analyse renvoie un message à l'amygdale. Cette dernière décide alors si le danger est réel (comparaison avec d'autres situations comparables), si c'est le cas s'il y a lieu de fuir ou de combattre. Si le danger n'est pas avéré alors l'amygdale fait en sorte que l'on ne tienne pas compte des informations (oubli).

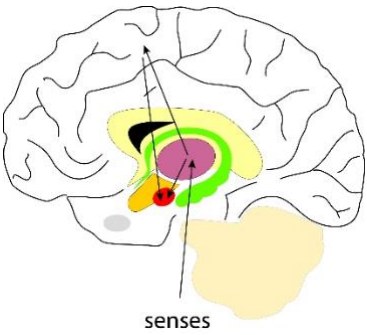


Illustration : circuit de la peur, voie courte et voie longue / extrait de wikipedia : le serpent de J. Ledoux (1994) illustre l'action de ce circuit. Un promeneur marche dans la nature et voit ce qu'il prend pour un serpent. La voie courte active une réponse instantanée de sursaut et de recul de frayeur. Par la voie longue, après une courte latence, l'information arrive au cortex visuel (lobes occipitaux) puis au cortex sémantique (lobes temporaux). S'il s'agit bel et bien d'un serpent, le cortex visuel renforce l'action amygdalienne et maintient les réponses corporelles. S'il s'agit d'un bâton, l'action amygdalienne est freinée

et les réponses corporelles s'estompent.

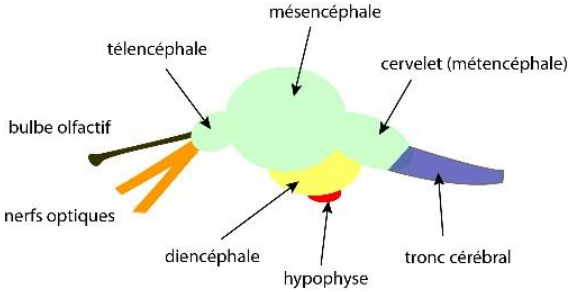
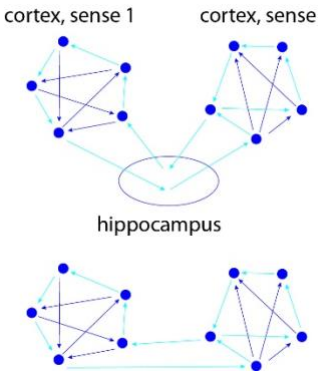


Illustration : organisation cérébrale d'un poisson. Le mésencéphale correspond à la zone optique (chez l'homme c'est la zone occipitale, partie postérieure du cerveau). Une grosse différence entre les mammifères et les poissons réside dans la taille du télencéphale relativement aux autres structures. Chez l'homme il est hypertrophié par rapport au poisson. On sait que, chez les mammifères, l'amygdale réagit aux dangers de l'environnement par une voie courte et une voie longue qui fait appel à un process effectué dans le cortex que l'on pourrait qualifier de réfléchi. Cette deuxième voie semble donc exclue dans le cas des poissons.

Un circuit hormonal existe caussi hez les poissons. L'hypophyse, reliée à l'hypothalamus situé dans le diencéphale produit des hormones, en particulier gonadotropiques qui interviennent dans la reproduction.

Toutes les espèces animales n'ont pas un ciruit ausi évolué impliquant des opérations intelligentes pour la bonne raison que leur cortex est moins ou quasiment pas développé (le développement du cortex chez l'homme a permis qu'une vie en quelque sorte virtuelle, imaginée, s'ajoute à la réelle, le cerveau s'est en quelque sorte emballé, se mettant à travailler tout seul). L'évolution ce cette structure fondamentale pour l'aptitude à l'abstraction a été progressive. Ainsi l'activité mentale d'un poisson se cantonne encore essentiellement à la vie réelle car son télencéphale, qui deviendra plus tard dans l'évolution le cortex, a un volume réduit. Il en résulte que le bien-être d'un poisson est essentiellement un bien-être physique plutôt que mental



car un poisson imagine bien moins qu'un humain. En outre, sans les processeurs du cortex humain, les capacités d'analyse, de rapprochement de souvenirs, de comparaison, d'opérations mayhématiques abstraites sont limitées. On peut parler d'une moindre intelligence. Cependant, la mémoire existe déjà bien sûr, indispensable à la vie. Les neurones du poisson ont la capacité de se réarranger pour former des circuits préférentiels, prioritairement réexcités empruntés par l'influx nerveux (plasticité_hystérésis).

Rôle de l'hippocampe (cerveau humain) : quand on participe à une fête, la saveur des mets, le visage des invités, les morceaux de musique joués, ou encore l'odeur des viandes grillées sur le barbecue sont mémorisés dans des aires distinctes consacrées aux sens sollicités. L'hippocampe fait le lien entre ces divers souvenirs partiels ou séparés et les conjuguent_associent dans un même épisode. Il fait en quelque sorte revivre la scène dans une pensée reconstruite (comme si on rejouait un film). En fait il est un précurseur. En effet, il semble que la répétition de l'activation des liens entre souvenirs séparés stockés dans des régions séparées du cortex a pour résultat d'établir des liens directs sans qu'il ne soit nécessaire de passer chaque fois par l'hippocampe. Ce phénomène est lié à la plasticité du cerveau.

Au cœur de l'intelligence et de la conscience : un choix conscient particulier conduisant à un comportement particulier associé est décidé après consultation des expériences préalables stockées en mémoire. Les souvenirs extraits de la mémoire (cortex) en relation avec la situation en cours d'examen entrent dans l'hippocampe (sur sollicitation de celui-ci). Là, toutes sortes d'opérations mathématiques sont effectuées, comparaisons, addition, soustraction, réunion, intersection, …, selon des lois ou règles de l'intelligence à déterminer. Cela conduit certains chercheurs à considérer que l'hippocampe (aires CA2,3, gyrus dentelé) serait en quelque sorte la partie intelligente du cerveau. La conscience est quant à elle plutôt associée aux circuits de contrôle qui gèrent les émotions, hippocampe, amygdale, boucle de Papez, … (en fait, c'est plus complexe car des opérations intelligentes sont aussi réalisées au niveau de l'amygdale ou de l'hippocampe dans lesquels on peut identifier des zones dotées de fonctionnalités diverses).

Hormones

Les hormones, en renforçant certaines connexions neuronales, contrôlent l'affectivité et donc contribuent à déterminer le comportement. Elles sont liées à la question du Bien et du Mal. Tous les êtres vivants sont concernés par les hormones, indissociables de la vie. Les molécules_messagers jouant le rôle des molécules_hormones des vertébrés sont apparues bien avant eux (autrement dit avant 600 millions années). Elles sont nées d'un gène commun. In fine, les **hormones** apparaissent comme des **facteurs d'encouragement à la vie**. Leur but est d'éviter le mal-être, par défaut d'assurer le bien-être, la vitalité, liés à des états vibratoires complexe concernant toutes les choses vivantes, en perpétuel changement et en communication globale. La connaissance de leur mode opératoire est indispensable à la compréhension du bien-être.

Illustration : le comportement de ce poisson âgé de 183 millions d'années et découvert en 2022 dans le Gloucestershire au Royaume-Uni, était déjà dépendant des sécrétions d'hormones.

La **sérotonine** est l'une des hormones les plus anciennes et les plus répandues chez les êtres vivants. Elle est présente chez les plantes, plusieurs champignons, les levures, les bactéries, plus généralement chez les amibes qui sont des animaux unicellulaires. Celles-ci, apparues il y a presque trois milliards d'années, fabriquent en effet des molécules qui ressemblent aux hormones des vertébrés, précédant donc la différentiation des systèmes endocriniens. Sont par exemple concernées Escherichia coli (molécules proches de l'insuline, de la somatostatine, de la calcitonine, de la neurotensine), Clostridium perfringens (molécule proche de la TSH), Bordetella pertussis (molécule

proche de l'insuline), Bacillus subtilis (molécule proche de la somatostatine).

La sérotonine exerce en fait plusieurs effets en stimulant des récepteurs codès par plus d'une dizaine de gènes. Parfois qualifiée d'hormone du bonheur, cette molécule est fabriquée par les neurones à partir du tryptophane (un acide aminé). Elle module la communication de neurone à neurone. Au niveau affectif, elle influe sur l'humeur (bonne ou mauvaise), étant par exemple corrélée à un état de dépression.

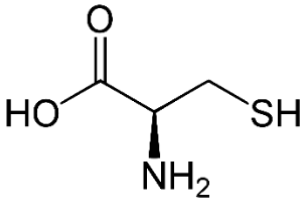
La sérotonine joue aussi un rôle important dans le contrôle de l'agressivité. Un déficit entraîne une diminution du contrôle de soi et de l'attention envers les autres. En agissant sur d'autres hormones (dopamine, noradrénaline, vasopressine, …) elle influe sur l'impulsivité (passage à l'acte).

La **TSH** (thyroid stimulating hormon) est sécrétée par l'hypophyse (une petite glande du cerveau). Cette hormone déclenche_stimule l'émission d'autres hormones fabriquées par la glande thyroïde (tri-iodothyronine T3 et tétra-iodothyronine T4) jouant un rôle important dans la digestion, la fertilité ou encore la régulation de la température du corps. Un circuit de rétroaction permet de déclencher l'émission de TSH si les autres hormones sont en quantité trop faible dans l'organisme.

La **calcitonine** est une hormone à la fois hypocalcémiante et hypophosphorémiante. Elle est présente chez les poissons, reptiles, oiseaux et mammifères. Elle fait partie des calcitonin-like proteins. La vie étant sortie des mers, le contrôle des concentrations de Na^+, Ca^+ ainsi que d'autres ions à l'intérieur des organismes vivants a été une nécessité majeure au début de la phylogénèse. Chez les poissons le cortisol contrôle Na^+ (avec en plus l'aldostérone chez les dipneustes). L'action dépend des salinités relatives milieu_organisme. Chez les poissons d'eau de mer il s'agit donc d'évacuer du Na^+ excédentaire et chez les poissons d'eau douce d'en absorber. Une émission de cortisol est aussi observée chez les poissons face à une situation de stress.

La **neurotensine** est une hormone, produite par l'amygdale. Elle favorise l'apprentissage de la récompense. Plus précisément, elle permet

d'associer stimulis et récompenses. Sans production de neurotensine, la valence négative résultant d'un danger caractérise l'état de notre cerveau (un état par défaut d'un cerveau qui veille, guette sans cesse le danger).



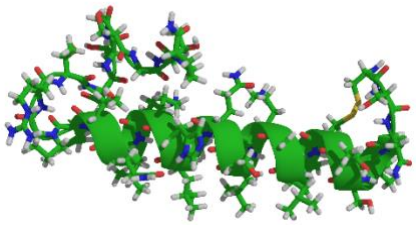
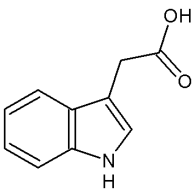


Illustration : à gauche cystéine (acide aminé CYS) / à droite calcitonine du saumon, travail personnel, PyMOL, commons wikimedia. Constitution en acides aminés : CYS-SER-ASN-LEU-SER-THR-CYS-VAL-LEU-GLY-LYS-LEU-SER-GLN-GLU-LEU-HIS-LYS-LEU-GLN-THR-TYR-PRO-ARG-THR-ASN-THR-GLY-SER-GLY-THR-PRO. La comparaison avec la calcitonine humaine (chromosome 11, gène CALCA) fait apparaître une différence sur 16 acides aminés.

Au cours de l'évolution, les hormones ont d'abord rempli un rôle



global au double niveau neuro-endocrinien avant que n'apparaisse une différentiation conduisant à la distinction entre des hormones endocrinales et des neuro-médiateurs (chez les vertébrés on trouve ainsi des endorphines, de la prolactine ou de l'ACTH dans les deux systèmes endocrinien et nerveux / chez les invertébrés ces mêmes molécules ne sont observées qu'au niveau des neurones).

Illustration : auxine, wikipedia

~

Le cas des plantes

On trouve également chez les plantes des molécules modulant le métabolisme. Une fois produites par certaines cellules, ces' hormones' (certains hésitent à utiliser ce mot car la structure chimique ets moins

complexe que pour les hormones animales) végétales sont transmises à distance pour réguler certaines fonctions du métabolisme telles que la croissance (l'auxine, ou acide indolylacétique AIA présent chez la plupart des végétaux, contrôle la déformation et la division cellulaire, également pour partie la différenciation). La gibbérelline intervient également dans la régulation de la croissance.

La **cytokinine** (acide traumatique) $C_{12}H_{20}O_4$: est parfois appelée hormone de blessure. Il s'agit d'une hormone de croissance observée chez des plantes soumises à un traumatisme et qui favorise la reconstruction. Elle contribue aussi avec d'autres molécules à la floraison des plantes.

Certaines 'hormones' végétales modulent par exemple le taux de calcium (le flux ionique de cet élément joue un rôle fondamental dans les plantes, en transportant en quelque sorte l'information).

~

Êtres vivants, régulation du métabolisme

Certaines molécules présentes à faible dose jouent un rôle essentiel dans les processus de la vie (régulation, transmission d'information). Les enzymes sont capables d'activer certaines synthèses moléculaires par catalyse (par ajustement géométrique relatif de deux molécules). Les hormones émises à très faible dose agissent comme des messagers chimiques pour encourager telle ou telle fonctionnalité (croissance, sexualité_reproduction, sommeil, faim, humeur, comportement, plus généralement les processus divers intervenant dans le métabolisme). Les neurotransmetteurs modulent le potentiel d'action dans les neurones (inhibition ou excitation_renforcement).

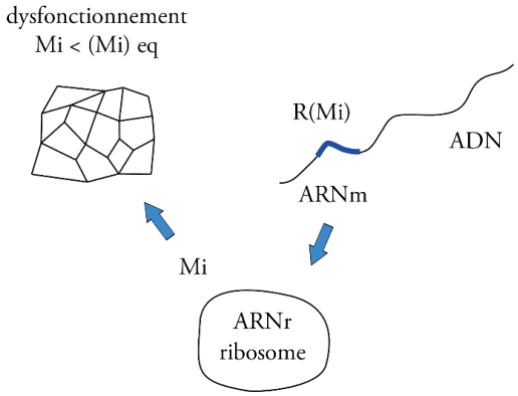


Illustration : principe de régulation du métabolisme / un dysfonctionnement d'une chose vivante dû à un déficit de la molécule (ou groupe) Mi est corrigé par la synthèse de cette molécule déficitaire après intervention de la molécule R(Mi) qui module l'activité de recopie par l'ARN messager.

Les protéines nécessaires à la vie de LUCA (génome comptant quelques centainnes de gènes) sont déjà fabriquées dans des ribosomes dont l'ARN ribosomique interprète l'ARN messager copié sur un gène particulier de l'ADN.

Chez les eucaryotes, un ARNm correspond en général à un seul gène et ne code qu'une seule protéine.

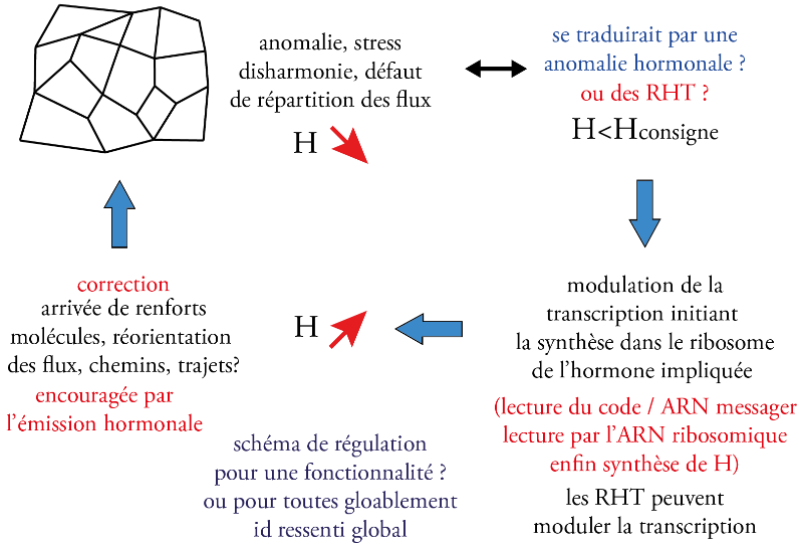


Illustration : la régulation hormonale fonctionne sur le même principe. En médecine, on compense une insuffisance hormonale par un apport extérieur / hormone_gene interplay : genes code for hormones, and hormones regulate genes / hormones are potential mediators and moderators of genetic influences on behavior. Un changement hormonal influe sur la transcription des gènes et par voie de conséquence sur le phénotype.

Cas spécifique des hormones : **les hormones apparaissent dès le début** dans l'arbre **de l'évolution, sous la forme de précurseurs** (pré_hormones) des hormones que l'on trouve aujourd'hui chez l'homme, et cela y compris dans des branches qui ont divergé très tôt (bactéries par exemple). On peut donc supposer qu'elles étaient présentes déjà chez LUCA. Les hormones sont des substances chimiques (molécules) destinées à encourager un processus particulier concernant une chose vivante (métabolisme, reproduction, comportement). Hasard, nécessité, elles sont retenues par la sélection naturelle, perpétuées par des gènes associés. Chez l'homme, le ressenti de plus ou moins de bien-être ou mal-être est associé à l'activité hormonale. Chez un être vivant primitif, l'émission des pré-hormones est associée aux flux d'informations (flux

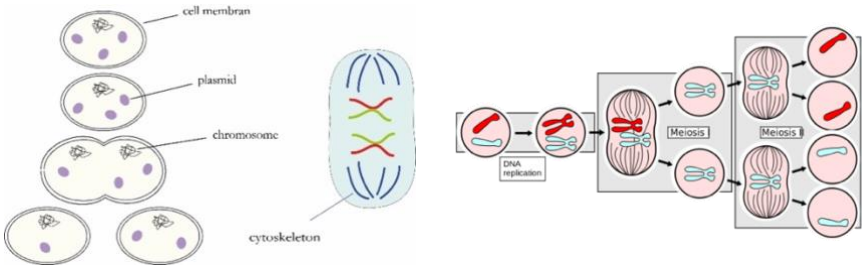
d'ions) qui maille l'organisme. Chez l'homme, une pensée particulière (mobilisation d'un groupe de neurones spécifique) est encouragée (renforcée) par une émission hormonale qui est plus ou moins intense suivant l'importance de la situation. Dans les deux cas, ce processus hormonal guide le comportement.

La synthèse des hormones dépend elle-même d'autres molécules (voir par exemple le cas des régulateurs hormonaux thyroidiens TRH) qui sont capables de moduler l'activation de la copie en ARNm du codon considéré (la partie du génome contenant la recette de fabrication de l'hormone en question).

~

Hérédité comportementale

La conscience nait spontanément dans le berceau organique à base d'ADN (ce pourrait être le cas dans d'autres berceaux exobiologiques). Les spécificités biologiques héritées lors de la reproduction cellulaire font que le réseau de communication, va s'établir dans les cellules filles de manière assez similaire à ce qu'était le réseau dans la cellule mère. Il n'y a bien sûr pas de flux vital conscient directement hérité ou insufflé par une divinité à la naissance d'une nouvelle cellule, mais seulement une prédisposition à emprunter des chemins de communication semblables. La similarité de construction de deux êtres vivants entraîne naturellement l'établissement de réseaux de communications similaires (si l'on veut parler de transmission alors elle est indirecte). Il résulte de cette observation que les cellules filles vont hériter pour partie du comportement de la cellule mère, l'autre facteur étant bien évidemment celui de l'expérience de vie de ces nouveaux êtres vivants que sont les cellules filles.



Illustrations : en haut à gauche, reproduction d'une bactérie (procaryote) / le matériel génétique est constitué d'un chromosome unique souvent circulaire et contenant l'essentiel des informations, fixé à la paroi cellulaire hors réplication / les plasmides sont des courts segments d'ADN circulaire / après croissance en volume, le chromosome se réplique en deux parties identiques qui se fixent à la paroi / le cytoplasme a environ doublé de volume / la tension de surface sur la membrane conduit à la scission en deux de la cellule.

En haut à droite, une étape de la mitose des cellules eucaryotes/ les cellules filles héritent d'un cytosquelette qui est une voie privilégiée de circulation de l'information, donc du flux vital.

En bas, étapes de la méiose chez des organismes ou choses eucaryotes (dotées d'un noyau) / une cellule est déjà structurée, avec un cytosquelette qui aide à définir des voies préférentielles d'échange entre les diverses parties de la cellule. L'héritage physiologique et métabolique entraîne une similarité des voies de communication. Vikidia, rubrique méiose, domaine public, commons wikimedia.

Voici ce que dit **Wikipedia** à propos de la **transmission des caractères acquis :**

Un certain nombre de phénomènes épigénétiques agissent comme des « interrupteurs » moléculaires, modulant l'expression des gènes, et permettant ainsi à l'organisme d'avoir un « panel phénotypique » large afin de s'adapter rapidement à l'environnement. De plus l'avantage de ces mécanismes épigénétiques, assez complexes, par rapport à des mécanismes de modulation transcriptionelle plus simples, serait justement cette hérédité. Ainsi, un premier organisme modifierait au cours de sa vie un ou plusieurs caractères en réponse à l'environnement par « switch » épigénétique induit par un certain nombre de censeurs de l'environnement. Si cette modification donne un avantage reproductif et qu'il transmet cette variation à ses descendants, ils bénéficieront eux aussi de cet avantage reproductif. Ici il n'y a pas eu modification de la séquence d'ADN. Ainsi, si après quelques générations les conditions abiotiques reviennent à leurs conditions initiales, les descendants pourront rapidement se « réadapter », car ayant déjà potentiellement toute l'information génétique pour cela.

Les êtres vivants ont la faculté de transmettre à leur descendance des caractéristiques acquises par l'expérience au cours de leur vie. Cela signifie qu'un même caractère défini à priori par le génome pourra être interprété de diverses manières selon les conditions environnementales auxquelles ont été soumis les parents. On est dans le domaine de l'épigénétique.

Les êtres vivants peuvent également transmettre des prédispositions comportementales dans la mesure où le comportement dépend en partie des voies de communication empruntées par l'information vitale et que celles-ci sont indirectement définies par les parents. Certains pensent même que certaines communautés ou peuples peuvent donc être

prédisposés à la paresse, à l'indifférence, au fatalisme, à la cruauté, par suite de l'application de mêmes coutumes sur des dizaines de générations. Même si cela était vrai en partie, cela ne pourrait justifier le racisme. Il suffit que les communautés en question soient averties du problème et que le système éducatif fasse le nécessaire pour prévenir les effets négatifs de ce phénomène.

Génétique et épigénétique : l'épigénétique s'intéresse à la transmission de caractères sans que cela ne fasse l'objet d'une inscription ou réinscription dans le code génétique. On n'a toujours pas mise en évidence en 2022 un mécanisme qui permettrait en prolongement du processus épigénétique de modifier le code génétique, appuyant le point de vue Lamarckiste 'la fonction créée l'organe'. Pour l'instant, les travaux de l'épigénétique montrent seulement que la fonction peut créer une expression particulière transmissible d'un caractère. On admet donc en général la modification du code génétique d'une espèce par les seules voies de la mutation naturelle et de la sélection ultérieure. Cela n'empêche cependant pas quelques personnes de maintenir en tête cette hypothèse, la Nature étant une succession constante d'actions et réactions. Par ailleurs, ces mêmes personnes font remarquer que le temps génétique nécessaire pour faire apparaître une mutation par sélection représente un nombre énorme de générations alors que l'épigénétique n'en considère généralement que quelques dizaines.

Illustration : un ver hémaphrodite Caenorhabditis elegans se déplaçant, Bob Goldstein, travail personnel, wikipedia commons / C. elegans peut transmettre durant 3 à 30 générations (selon conditionnement, répétition) l'attirance pour une odeur donnée acquise durant sa vie. Des études ont aussi mis en évidence des modifications transmissibles de l'espérance de vie.

Système limbique

Influx nerveux : la sollicitation chimique ou physique d'un neurone crée une variation de la tension électrique (- 70 à - 80 mV en temps normal) entre l'intérieur et l'extérieur de la membrane protégeant la fibre nerveuse du neurone. Cette variation se propage le long de la fibre avec une vitesse entre 1 et 100m/s (42 dans le cas des membres inférieurs de l'homme) / l'influx nerveux n'est pas un courant électrique (qui lui se propage à la vitesse de 300.000 km/s) car le relais unidirectionnel d'un neurone à l'autre s'effectue de manière chimique au niveau des synapses. Ces dernières sont par ailleurs très nombreuses de sorte que le réseau neuronal activé dans un processus de pensée est très complexe. On ne peut donc pas considérer le cerveau comme une simple circuiterie électrique, il faut tenir compte du temps de relaxation ou récupération physico-chimique des neurones. C'est la raison qui, dans la fiction, conduit Luc à travailler sur des neurones améliorés permettant de dépasser cette limite.

Ondes cérébrales : quand on parle d'ondes cérébrales dans le langage courant, il s'agit la plupart du temps des ondes détectées par électro-encéphalographie. Les ondes dites β sont associées à l'état normal (éveillé), 13 à 30Hz (agitation, stress au-delà de 30) / les ondes α, 7 à 13 Hz, sont associées à la concentration mentale (apprentissage, méditation, conscience dite 'intérieure') / les ondes ultra-lentes δ, 0.5 à 4 Hz, sont observées lors du sommeil profond, 1 Hz coma, 0 Hz mort / quant aux ondes θ, 4 à 7Hz, elles correspondent au rêve ou encore à l'hypnose / en sollicitant le cerveau avec des ondes de basse fréquence (dites ELF, extremely low frequencies), on peut modifier le comportement car des couplages se produisent entre l'onde extérieure et les ondes émises naturellement par le cerveau. Il est aussi intéressant de rappeler que les gammes de fréquence sont en gros communes à tout le règne animal en dépit du fait que l'architecture cérébrale se soit considérablement complexifiée.

pensée et chemin cérébral : le cerveau n'est pas autre chose qu'un

automatisme évolué destiné à améliorer la survie et le développement de l'espèce. La conscience est associée à la mobilisation des mouvements d'une énorme quantité de neurones, plus généralement à celle de tous les points d'un même organisme mis en communication (vibration, le mot étant pris au sens large), restant activés (passage et passage à nouveau d'un pulse d'information, influx nerveux, potentiel ionique Ca+ pour les plantes) le temps nécessaire pour qu'une interaction de l'être vivant avec son environnement soit possible. Le phénomène de plasticité synaptique et les systèmes de régulation contrôle (circuit limbique impliquant l'hippocampe et circuit de récompense) suffisent alors à expliquer le fonctionnement cérébral, la genèse et le développement de la pensée.

Dans le cas du cerveau humain, les neurones mobilisés dans un groupe ou sous-ensemble (cluster, grappe avec des sous-ensembles reliés par des fibres) sont réactivés par un influx nerveux qui circule de proche en proche, de neurone à neurone. Il s'agit d'une vibration coordonnée qui dure le temps que dure la pensée. Le mode de couplage reste à déterminer, les spécialistes étant partagés sur le fait qu'il y ait ou non une séquence répétitive impliquant une succession de basculements d'états d'un neurone à l'autre jusqu'à activer tous les neurones du cluster. Le modèle utilisé dans des simulations élémentaires et consistant à considérer une courbe fermée (boucle, circuit), parcourue à l'identique (ou presque) de multiples fois, à l'image d'un modèle réduit ferrovaire dans lequel les aiguillages conserveraient leurs consignes n'est qu'une image probablement éloignée de la réalité.

Les associations mathématiques impliquant des unions, intersections, exclusions… autres opérations sont induites par des ramifications partant de chacune des boucles. Une pensée peut s'effacer dans une zone de travail du cerveau par manque de réactivation. Cela ne signifie pas qu'elle est définitivement perdue, un double ayant pu être induit (duplication) dans une zone du cerveau jouant le rôle de pile_mémoire. Mais si tout cela parait d'une extraordinaire complexité c'est en raison du nombre gigantesque des configurations possibles offertes pour ces associations, ces couplages vibratoires dans un réseau de neurones qui peut rassembler jusqu'à 100 milliards de neurones chez l'homme.

Le fait qu'un même circuit ou chemin cérébral puisse être

réemprunté par l'influx nerveux est lié au fait qu'un aiguillage sollicité une première fois en conserve le souvenir un certain temps et est alors réemprunté de manière préférentielle. Ceci est lié aux propriétés et à la morphologie de l'axone et des synapses. Ces dernières sont capables de réorganisation au niveau des dendrites. On peut parler d'apprentissage ou conditionnement synaptique. La conception de neurones artificiels est basée sur des cellules capables de transmettre de manière anisotrope un signal d'excitation (pulse) pour une période déterminée bien définie (l'effacement des souvenirs, après leur sélection, est une nécessité pour que le système global de vibration ne plonge pas vers une totale confusion).

Si l'on admet le postulat du tout vibratoire tout conscient, alors les perspectives deviennent vertigineuses. On peut envisager des phénomènes d'amplification, résonnance, faisceaux cohérents…

Mémoire et système limbique : c'est le système limbique qui est chargé de la validation et de la mémorisation des pensées. Il comporte l'hippocampe, l'amygdale, le thalamus, l'hippothalamus, le système hédonique, le corps grenouillaire. Le système limbique est le centre de contrôle id décisionnel (gouvernement, chef d'orchestre avec ministères spécialisés hippocampe-thalamus etc… boucle de Papez).

Chez les primates, la mémoire est stockée pour grande part dans le néorcortex. La région postérieure du cortex cérébral et la région frontale sont des régions essentielles pour la mémoire. Chez l'homme, l'hippocampe joue un rôle essentiel dans la gestion des souvenirs. Selon la nature de l'information sensorielle, des zones spécifiques du cerveau se chargent tout d'abord du traitement préliminaire (voir neural networks) / l'hippocampe est une sorte de centre de tri, analyse, comparaison, contrôle, aiguillage /selon l'intérêt pour l'être vivant, l'information est ou non retenue (comparaison avec des expériences antérieures déjà mémorisées en tant que souvenirs) / quant une information_expérience de l'environnement est retenue, alors elle vient s'ajouter à la bibliothèque stockée dans des zones spécifiques des lobes pariétal et temporal / cette circulation de l'information dans l'hippocampe fait penser à un rafraîchissement / c'est la répétition du passage par les synapses qui

confirme un trajet_pensée particulier / gravure en mémoire.

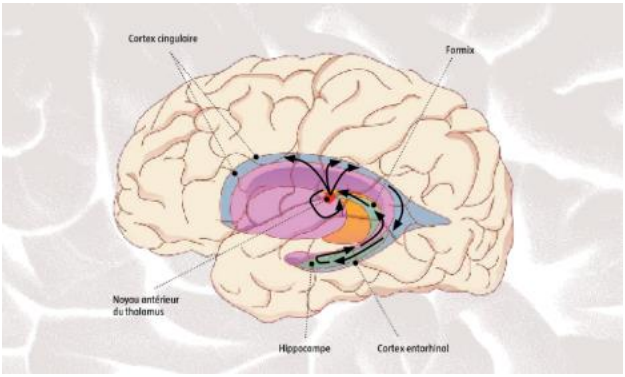


Illustration : schéma du circuit de Papez, que l'on appelle aussi circuit hippocampo-mamillo-thalamique, qui répète l'information. PETER GARDINER / SPL / COSMOS.Papez (1930) a proposé que la réaction émotionnelle s'organise dans l'hippocampe et s'exprime dans le gyrus cingulaire. Il a également été maintenant impliqué dans le rappel d'expérience passée et la manière d'imaginer l'avenir.

Transit des informations : hippocampe → noyaux hypothalamus (corps mamillaires) → thalamus (relais information du cerveau) → cortex cingulaire (émotions) → cortex enthorinal (autre relais) → hippocampe … et ainsi de suite, répétition en boucle jusqu'à affirmation ou rejet

Au cours de ce processus plusieurs traces_mentales d'une même expérience et correspondant à divers sens peuvent se retrouver liées (exemple : un rosier particulier, le parfum de ses fleurs, la blessure engendrée par ses épines) / de manière plus complexe, le nouveau souvenir peut être lié à d'autres (un poème connu parlant des roses, un jardin botanique, une peinture nature morte…).

L'hippocampe est par ailleurs capable de donner naissance à de nouvelles cellules nerveuses (neurogénèse).

Hippocampe et classement des souvenirs dans le temps : dans les fonctions assurées par l'hippocampe figure en particulier l'indexation des souvenirs par une zone cellulaire dédiée (Southwestern Medical Center,

Dallas, USA, 2020). Les souvenirs sont en quelque sorte horodatés. C'est une fonction indispensable dans le processus de décision qui implique la mise en communication avec le cortex.

Hippocampe et évolution : les vertébrés comprennent en particulier les poissons, les oiseaux, les reptiles et les mammifères. Cependant, un hippocampe bien caractérisé n'apparait que chez les mammifères chez qui en outre le cortex est plus développé / le repérage dans l'espace 3D chez les poissons, oiseaux, reptiles se fait dans cet hippocampe primitif comme plus tard le repérage spatial des mammifères se fera au niveau de l'hippocampe /de plus points communs biochimiques entre hippocampe primitif et hippocampe des mammifères (le dysfonctionnement de l'hippocampe entraîne des difficultés de repérage chez l'homme, celui de l'hippocampe primitif des difficultés d'orientation chez les oiseaux).

Circuit de renforcement (récompense) **:** c'est l'un des grands circuits de contrôle-évaluation du cerveau avec le circuit de l'hippocampe dont nous avons déjà parlé (les deux sont en fait interconnectés). Le circuit de la récompense (ou renforcement) est un circuit fonctionnel du cerveau fondamental chez les mammifères, indispensable à la survie. Il relie deux ensembles de neurones, le premier situés dans l'ATV (aire tegmentale ventrale) et le second dans le noyau accumbens (en fait une paire, un dans chaque hémisphère, gauche et droit). Les échanges de communication conduisent à la libération de neurotransmetteurs tels que la dopamine (molécule du plaisir) qui ont pour effet de stimuler le fonctionnement des synapses, facilitant alors la circulation de l'influx nerveux. En termes de boucles, cela signifie que les trajets_pensée sont plus facilement réempruntés, rafraichis, le sillon gravé plus profondément, le ressenti intensifié.

Un 'proto_circuit' de renforcement existe chez certains oiseaux (pigeon), poissons (rouge), chez le rat, le chat ou encore le chimpanzé. On a expliqué dans un item précédent comment la mémoire a pu évoluer jusqu'à permettre des choix conscients bien réfléchis impliquant le circuit de l'hippocampe. La complexification cérébrale concerne donc aussi le circuit de récompense. Il n'y a pas une charnière ou discontinuité brutale introduite par une main divine.

Il est préférable d'utiliser le mort renforcement que récompense car les renforcements concernent en fait aussi bien des ressentis positifs (positive reinforcement, sensation de plaisir) que négatifs (negative reinforcement, déplaisir). Ils entraînent respectivement des répétitions de comportements ou des réactions aversives (fuites, évitement des activités concernées).

Dans tout cela, il n'y a pas de siège de l'âme, de l'esprit, de la morale, d'une mystérieuse entité qui jugerait du bien et du mal. Il ne s'agit que de circuits de mise en communication, association, structuration opérations mathématiques d'ensembles), renforcement de groupes de neurones activés (les trajets_pensée) incluant les boucles de neurones associées aux réactions, elles aussi stockées en mémoire. Le cerveau n'est qu'un automatisme évolué avec un système de veille chargé d'alerter en cas de danger, ou de conforter, encourager, une activité perçue comme bienfaisante.

On sait que le cortex préfrontal intervient dans la motivation et l'attention. On a déjà rappelé le rôle de l'hippocampe dans la mémorisation. Les informations associées aux émotions convergent et divergent de l'amygdale. Le noyau accumbens pourrait faire l'interface entre le ressenti émotif et les réactions motrices prises par le cerveau. L'hypothalamus régule le rythme cardiaque, la régulation de température corporelle, la reproduction, la faim, la soif. L'aire tegmentale ventrale réagit aux informations venant de diverses aires cérébrales dont l'hypothalamus en libérant de la dopamine qui va renforcer l'activité de toutes ces structures cérébrales. En plus de l'ATV et du noyau accumbens, le circuit de récompense inclut d'autres structures cérébrales, septum latéral, cortex préfrontal, pallidum ventral… / des informations sont échangées entre les principaux centres de régulation des émotions (noyau accumbens et amygdale), de la mémoire (hippocampe) ou encore des fonctions physiologiques (hypothalamus), tous impliqués dans le bien-être de l'individu / il y a donc une interconnexion (au moins indirecte) avec le circuit de l'hippocampe qui contrôle en particulier la mémorisation, sur le plan du stockage et de l'extraction / drogues et système nerveux central : les produits qui entraînent un comportent addictif chez l'homme ont en commun d'accroitre la sécrétion de dopamine / cette dernière augmente l'efficacité des synpases, facilite

alors le rafraichissement, id la circulation des informations, id le couplage des neurones concernés par un trajet_pensée spécifique.

Sur la perception du bien et du mal : on sait depuis les années 90 que les émotions agréables (plaisir, +) et désagréables (déplaisir, -) sont associées à l'activation de zones cérébrales spécifiques et différentes. Le thalamus, l'hypothalamus, le mésencéphale ou encore le cortex médian préfrontal sont préférentiellement activés quand on ressent du plaisir / le cervelet, l'hippocampe, l'amygdale, le cortex occipito-temporal ou encore le gyrus parahippocampique sont activés lors des émotions ressenties comme désagréables (le thalamus aussi serait impliqué). La désactivation de l'amygdale se fait en l'absence de danger, quand tout va bien /il y a alors diminution voire disparition de la vigilance vis-à-vis du monde extérieur ainsi que de la peur que cette vigilance peut engendrer.

No comment : des chercheurs canadiens ont mis en évidence une diminution de volume de l'hippocampe avec parallèlement une augmentation de volume des noyaux caudés chez des accrocs aux jeux de guerre vidéo. On observe une telle variation chez des personnes atteintes de la maladie d'Alzheimer.

Le bien et le mal peuvent ainsi être associés à un phénomène d'activation et désactivation sélectives de certaines aires cérébrales. Le processus est contrôlé par des neurotransmetteurs, des hormones (de manière générale, les hormones sont des molécules capables de contrôler le métabolisme à partir de très faibles doses). Plus précisément encore et dans la continuité de ce que l'on vient de rappeler, une approche du bien et du mal consiste à considérer que le ressenti de bien résulte du défaut de ressenti du mal. À l'origine de la vie, le comportement des premières structures vivantes est essentiellement fait de réactions de défense, des automatismes permettant à l'individu de vivre, manger, agir, se reproduire, assurer le bon fonctionnement du métabolisme et du mental.
L'homme ressent le bien en tant que conscience de l'absence de mal.

À propos de la morale : la morale n'est pas seulement acquise, transmise par la société. Elle n'est pas non plus une voix mise en l'homme par Dieu. Les règles morales qui nous servent de reférence, guident notre comportement, sont à la fois innées et acquises. Une première part

provient directement du fonctionnement cérébral (cerveau automate) destiné à nous donner le maximum de chances de prospérer, nous reproduire, plus généralement pouvoir satisfaire nos besoins ou fonctionnalités (mental compris). On a expliqué plus haut comment la perception du bien n'est en fait qu'un répit dans une succession de perceptions de mal. Une autre part des règles morales est acquise. Elle provient des expériences vécues, de l'éducation, de la société dans laquelle on vit. Chacun d'entre nous fait un compromis entre ces divers facteurs, tente de concilier les intérêts individuel et collectif. Mais le choix final qui relève du libre arbitre peut avoir des conséquences désastreuses, à la fois pour soi et pour la société. Durant la première guerre mondiale, les jeunes allemands et français acceptaient de sortir des tranchées avec toutes les chances de se faire faucher par des tirs de mitrailleuse. Faisaient-ils un bon choix ? La société avait réussi à les en persuader ! Pendant la seconde guerre mondiale, la folie d'unFurher allemand a mené l'Europe à la décadence. Aujourd'hui, la civilisation occidentale n'a toujours pas réussi à faire la part des choses, à créer des règles morales équilibrées, empêtrée tout à la fois dans un héritage chrétien et des libertés individuelles déraisonnables. Seul un principe transcendant peut guider durablement une civilisation.

Neurotransmetteurs : les neurotransmetteurs hormonaux sont un moyen ou mécanisme introduit par l'évolution, complémentaire de la plasticité des synapses, permettant de moduler l'importance à accorder à une situation (associée à un trajet_pensée, groupe de neurones activé correspondant) et donc de contrôler le comportement. La sécrétion plus ou moins grande de certaines hormones permet de renforcer ces trajets, de distinguer une pensée_plaisir (elle entraîne alors une répétition de comportement voire une addiction) d'une pensée_déplaisir (elle entraîne l'aversion et l'évitement). La sensation de plaisir découle de la neutralisation de l'amygdale. Sa désactivation est interprétée comme une absence de danger. On peut se laisser aller ! Trois hormones en particulier jouent un rôle dans la motivation humaine, l'endorphine, la dopamine et l'adrénaline. Le cerveau est un système de veille permanente et de contrôle. Voici schématiquement comment ces trois molécules sont libérées et agissent face à diverses situations.

Je me sens en danger, inquiétude → **noradrénaline** → accroissement

de la vigilance (la situation de danger peut être réelle ou imaginée suite à une extraction mémoire).

Le danger est effectif, peur, colère, agressivité → **adrénaline** → le corps brûle des graisses, le cœur bat plus fort, la pression artérielle croit… certaines zones du cerveau sont mieux irriguées par le sang.

Je convoite, j'ai envie de (motivation), j'anticipe le +, le bon, le plaisir → **dopamine** (besoin ou envie peuvent être réels ou imaginés, suite à une extraction mémoire / l'émission de dopamine peut précéder le succès_ récompense dès lors que ce succès semble possible_ à portée).

J'ai réussi, c'est bon, c'est +, plaisir → **dopamine** → incite à la répétition, danger d'addiction.

Je passe à l'acte, action demandant effort et souffrance → **endorphine** → atténue la sensation de fatigue et douleur, et procure un sentiment de bien_être, relaxation. L'endorphine, molécule proche de la morphine, est émise par l'hypophyse, l'hypothalamus, la moelle épinière en souvenir de l'évolution (tronc cérébral).

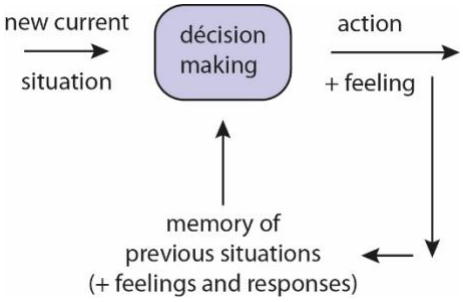
Comment interviennent les neurotransmetteurs dans le sport de compétition : encouragement à agir pour son plaisir avec la dopamine, aide à l'effort nécessaire pour obtenir ce plaisir avec l'adrénaline, diminution de la souffrance liée à cet effort avec l'endorphine. Cela va va être bon si j'agis (dopamine) / pour agir il me faut plus d'énergie (adrénaline) / je souffre pour arriver à mon objectif (endorphine) / j'ai réussi (dopamine)

Revenons à notre sujet du bien et du mal : le sentiment de bien ou de mal dépend de la façon dont les pensées (clusters de neurones activés) sont encouragées. Une alerte mineure, un signe avant-coureur, est susceptible de déclencher un rappel mémoriel d'expériences vécues antérieures similaires (et parfois imaginées). La sensation de douleur correspond à des pensées associées à des situations ou à des souvenirs (elles provoquent l'émission d'adrénaline). Ensuite, l'endorphine atténue les souffrances (engourdissements, ralentissement naturel libre de l'activité des synapses, sensation de bien-être). Les neurotransmetteurs

sont des activateurs de ces voies. Ils peuvent faciliter la gravure, raviver (approfondir le sillon). En leur absence, l'effacement naturel se produit jusqu'à ce que la pensée soit oubliée. Toutes les pensées s'effacent naturellement au bout d'un certain temps, sinon ce serait le désordre total, la cacophonie. Celles qui sont associées à un danger restent activées plus longtemps.

stimuli --› cluster_pensée induit ou d'éveil --› activation d'un autre cluster_pensée associé à une réaction particulière de défense de la part de l'organisme --› attention danger ! --› boucle renforcée

stimuli --› cluster_pensée 1 --› association avec un autre cluster_pensée associée à une réaction de plaisir (répétition) --› ressenti positif, pas besoin de réaction de défense --› pas besoin de renforcer le cluster 1 --› la pensée correspondante va s'effacer librement, naturellement, tomber dans l'oubli.



On comprend peut-être mieux maintenant ce que l'on disait précédemment à propos des divers circuits de contrôle du cerveau. Ils agissent en fait tous en interconnexion, récompense, contrôle mémoire etc… En l'état actuel des connaissances, on en est encore à l'analyse fonctionnelle du cerveau. Il est trop tôt pour avoir un schéma global précis mais on a au moins une idée du fonctionnement général et ce la manière dont l'homme est motivé.

Sur le plan de l'évolution, resterait à montrer comment ces processus au sein du cerveau_automate sont eux-mêmes l'extrapolation (id en continuité) de processus comparables même embryonnaires existant dans les premiers amas macromoléculaires de la vie. Dans le cas des hormones il pourrait s'agir de réactions chimiques pouvant relever d'automatismes simples, pour la plasticité synaptique on peut penser à des mouvements moléculaires locaux préférentiels au sein des amas macromoléculaires.

Comportement, circuit de prise de décision :

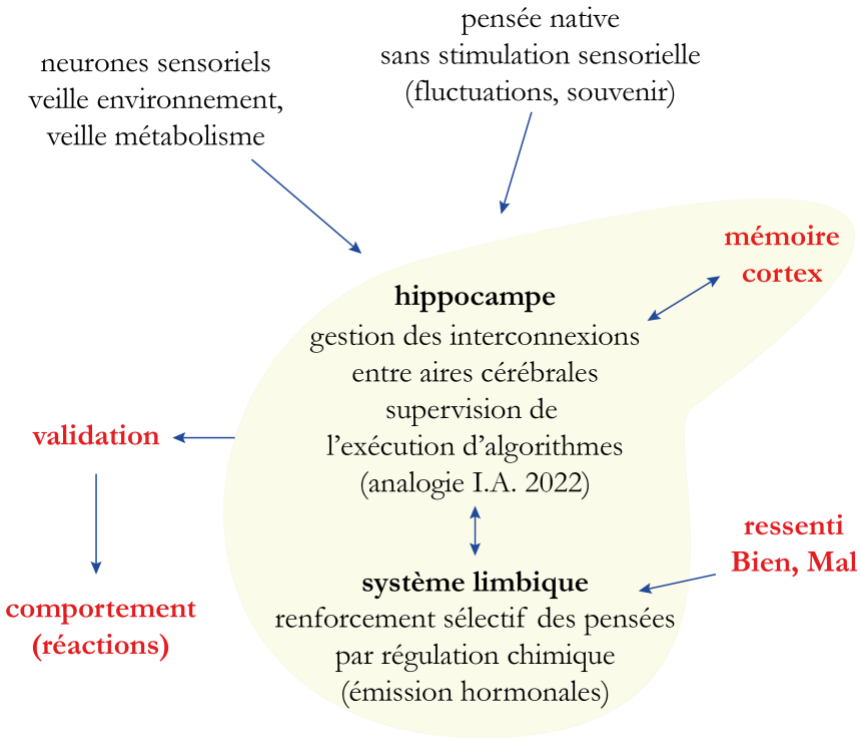


Illustration : la modélisation du fonctionnement du cerveau (plus généralement du comportement d'un être vivant) nécessite de prendre en compte le ressenti, autrement dit la régulation hormonale. Le cerveau humain a la capacité de travailler comme une intelligence artificielle (ordinateur évolué avec capacité à élaborer soi-même des algorithmes, I.A. contemporaines, an 2022), mais aussi de réguler, prendre des décisions après avoir jugé de l'importance d'une pensée-expérience nouvelle. Une Intelligence artificielle, par Nature, n'a pas de référence de Bien et de Mal. Même si on lui inculquait une référence de comportement, elle pourrait la contourner dès lors qu'elle n'a à priori aucune motivation existentielle. Elle partirait au hasard, un peu comme dans les rêves du sommeil paradoxal où la conscience, le ressenti, sont éteints.

~

Intelligence artificielle

Doit-on craindre l'I.A. ? Début 2023, face aux avancées réalisées dans le domaine de l'intelligence artificielle, certains s'inquiètent des conséquences pour l'humanité. Les détracteurs de l'I.A. citent pêle-mêle les pertes d'emplois, les dérives d'algorithmes qui se mettraient à faire n'importe quoi, l'éventualité que des entités artificiellement intelligentes ne décident d'anéantir l'humanité.

Illustration: Bing.com / create, prompt: a pipe smoking chameleon rides a bicycle. La même description textuelle (prompt) peut engendrer une image du caméléon en train de fumer alors qu'il est sur une bicyclette aussi bien qu'une image dans laquelle c'est la bicyclette qui fume !

L'homme a tellement démultiplié sa puissance, sa capacité à transformer l'environnement, puiser des ressources et les transformer qu'il n'est plus nécessaire d'être nombreux pour assurer le bien-être. Dans le passé, plus d'habitants signifiait plus de production, agricole, artisanale, industrielle, plus de soldats. Aujourd'hui, c'est le contraire qui prévaut, la courbe bien-être versus nombre d'habitants de la planète est en train de s'inverser. La démographie est le principal facteur de destruction de l'environnement. Au rythme où vont les choses, la plus grande part de l'humanité doit s'attendre à voir son niveau de vie baisser. Les robots et l'I.A. sont une chance de créer un monde nouveau avec une humanité moins nombreuse limitée à une dizaine de millions d'individus comme

dans le monde nouveau d'Ydunéa.

On reproche à l'I.A. d'engendrer parfois n'importe quoi. Sur l'exemple donné ici, si l'I.A. se met à imaginer que ce soit le vélo qui fume et non pas le caméléon, c'est bien dû aux défauts de notre langue qui s'est construite par ajout de couches ou mots successifs et n'est donc pas optimisé. Alors au lieu de se moquer, on ferait mieux de remercier les chercheurs d'avoir contribué à mettre en évidence la nécessité de réinventer nos moyens de communication, cette fois sur une base sérieuse (prise en compte des traces cérébrales pour préciser la signification d'un mot, clarification des opérations logiques associant noms, adjectifs, verbes, adverbes, pronoms, déterminants, interjections, propositions, conjonctions …

Très souvent, la peur vient de l'ignorance, d'une mauvaise identification du danger ou encore du fait qu'un problème est mal posé. On ne lui trouve alors aucune solution. On entend souvent qu'une I.A. pourrait un jour décider de détruire l'espèce humaine. Effectivement, une structure intelligente puisant dans la base de données des écologistes pourrait conclure que l'homme est une espèce nuisible au Bien Commun de la planète bleue. Sans ressentir ce que sont le Bien et le Mal, simplement à partir du bilan statistique des corrélations entre le mot Mal ou le mot Bien avec les actions humaines, et à partir du fait que ce serait Bien d'éliminer le Mal, dans une imitation de la pensée humaine, elle conclurait à la nécessité de nous faire disparaître, du moins d'engager une forte réduction démographique. Encore faudrait-il qu'elle en ait les moyens. Si on veillait à la priver de moyens d'action sur l'extérieur, bras et jambes, voix, … elle ne pourrait pas nuire. Certaines espèces animales semblent avoir un cerveau très développé, des aptitudes à la pensée mais ils ne peuvent rien en faire, privés qu'ils sont de moyens d'action sur leur environnement. Comment les dauphins arriveraient-ils à maitriser le feu ? Dans la fiction Joy et les planètes bleues, les choses de la planète Jellia avaient développé une grande intelligence sans disposer d'un moyen quelconque (jusqu'à ce qu'elles rencontrent l'espèce humaine) de contrôler leur environnement.

Le danger principal de l'I.A. ne viendrait-il pas de l'ignorance et de la malfaisance des hommes qui guident aujourd'hui le monde, ceux qui sont

prêts à la guerre ?

~

A.I. un exemple du meilleur, programme Alphafold : les spécialistes de biologie structurale nous expliquent que les protéines effectuent des ballets complexes non pas désordonnés mais au contraire parfaitement coordonnés. La manière dont une molécule est repliée (image des origamis) conditionne sa réactivité chimique. C'est une généralisation de ce qui se passe en catalyse où les sites actifs doivent adopter une géométrie particulière. La nature des liaisons dans les macromolécules organiques des choses vivantes permet des contorsions, des déploiements extrêmement variés multipliant les capacités d'interaction chimique. Connaître la configuration 3D de ces molécules, par exemple les protéines, ouvre la porte à la découverte des secrets de la vie. On a présenté dans un autre item la structure complexe d'une hormone, en l'espèce la calcitonine du saumon. Tenter de comprendre l'activité de cette molécule paraissait il n'y a pas très longtemps encore une tâche très complexe. Pas de panique ! L'intelligence artificielle (A.I. Alphafold, Deepmind Google) permet aujourd'hui de prédire la structure 3D de la quasi-totalité non seulement des protéines du corps humain (construites à partir d'un ensemble de vingt acides aminés) mais plus généralement de toutes les choses vivantes construites avec de L'ADN (le logiciel Alphafold est développé comme un système d'apprentissage A.I.).

~

Connexions synaptiques (dans le vivant) : le phénomène d'hystérésis est nécessaire à la construction des pensées (un cluster de neurones doit rester activé le temps que le cerveau puisse traiter toutes les informations et prendre une décision d'action). Une connexion synaptique conserve le souvenir d'une stimulation antérieure et participe alors plus fortement à l'activation du neurone situé en aval (cela se fait par un processus de régulation chimique, un apport de protéines spécifiques au niveau de la connexion). Dans certains cas, à force d'avoir été sollicitées puis sollictées à nouveau, de manière répétitive, prolongée (encouragement hormonal), elles peuvent devenir si solides qu'on peut considérer les aiguillages comme bloqués définitivement. Ce phénomène explique les souvenirs

durables, à vie, qui sont stockés dans le cortex (mémoire à long terme). Dans d'autres cas, quand il faut construire des pensées, les associer, effectuer les opérations mathématiques de l'intelligence, les connexions synaptiques doivent se comporter de manière plus souple, donc avec la possibilité de s'établir comme de s'effacer. On peut parler de connexions éphémères.

Dans les neurones biologiques, l'encouragement d'une connexion se fait de manière chimique par un apport de protéines spécifiques aux abords des synapses (en fait c'est encore plus complexe car il faudrait considérer le neurone biologique de manière globale à savoir considérer aussi ce qui se passe dans la zone d'émission du potentiel dans le cone de sortie du neurone, début de l'axone, zone par ailleurs riche en microtubules et où se concentrent des protéines). Ces régulations sont d'ordre chimique et dépendent du système endocrinien qui peut encourager spécifiquement une pensée ayant une importance particulière pour le métabolisme. Dans les simulations on peut donc distinguer des pensées éphémères et d'autres plus ou moins durables (jusqu'à la mémoire à long terme). La plasticité neuronale (aptitude à un changement de comportement, phénomène d'hystérésis) est par ailleurs probablement liée à la facilité qu'ont les neurones à modifier leur ADN par délétions, transpositions, duplications, mutations ponctuelles (brain mosaicism). De très nombreuses recherches sur le sujet sont en cours à la date où nous écrivons ces lignes (2023).

Architecture neuronale : les réseaux de neurones artificiels s'inspirent de l'état de nos connaissances dans le domaine des neurosciences. L'architecture des réseaux de neurones artificiels utilisés aujourd'hui est le plus souvent constituée de couches successives, la couche de neurones d'entrée correspondant aux neurones sensitifs (c'est un héritage des premiers travaux qui concernaient la vision). Dans les premiers réseaux utilisés, dit feedforward, vers l'avant, il n'y avait pas de connexion synaptique d'un neurone de la couche n vers une des couches précédentes n-1, n-2, … / dans les réseaux qualifiés de recurrent, récurrents, ces connexions de rétroaction sont possibles. Le signal peut passer plusieurs fois dans une même connexion synpatique ce qui permet entre autres de prendre en compte l'effet mémoire des connexions synaptiques (une connexion i déjà traversée par un influx aura plus de chances d'activer le neurone que s'il s'agissait de la première sollicitation).

L'objectif des premiers réseaux était de reconnaître une chose présentée à l'entrée (problème type : retrouver_reconstituer une peinture complète à partir de quelques informations fragmentaires. On peut imaginer transformer cette peinture ne mosaïque, en prendre quelques carreaux et tenter alors de reconstituer l'original. Les entrées sont en quelque sorte des indices. La manière de peindre spécifique de tel ou tel maître peut donner des indications sur la façon dont on doit procéder, à savoir les poids et fonction d'activation définis ci-dessous.

Chaque neurone était alors caractérisé par une fonction de transfert de l'influx, F, décrivant comment ce dernier est transmis des entrées jusqu'à la sortie. F peut prendre en compte des équations logiques. Afin de déterminer les poids à attribuer aux entrées, on utilise des algorithmes d'apprentissage. Plus précisément on injecte à l'entrée du réseau de nombreux échnatillonnage comportant plus ou moins d'information et associés à un même 'tableau d'origine'.

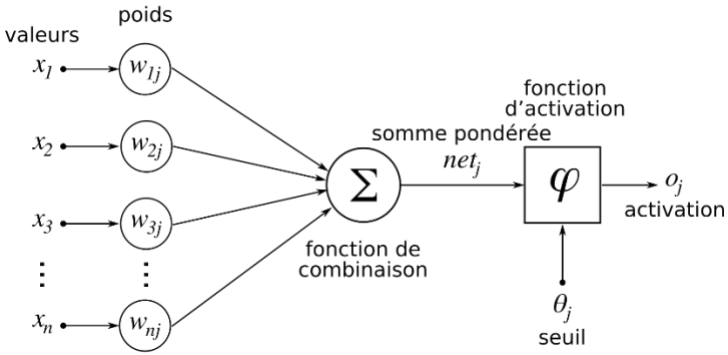


Illustration : structure d'un neurone artificiel, par Chrislb, commons wikimedia. Le neurone effectue une somme pondérée des entrées qui est ensuite activée par une fonction phi introduisant une non-linéarité. En général, en dessous d'un certain seuil un neurone est inactif et au-dessus il est actif. La transition entre ces deux états peut être modélisée par une fonction sugmoide, une fonction de Heaviside, une tangente hyperbolique.

L'arrangement en couches n'est cependant pas suffisant pour modéliser l'activité cérébrale, en particulier les constructions et associations de pensées. Une des couches du cortex et également des

zones de l'hippocampe (CA3, gyrus dentelé entre autres) sont constituées de neurones pyramidaux étendant des dendrites dans toutes les directions. L'hippocampe est une fabrique à pensées. Les capacités d'interconnexion, d'enchevêtrements y sont énormes et les retours id réactions, très nombreux. Notre intelligence humaine ne peut pas visualiser cette complexité mais l'intelligence artificielle en sera capable. En attendant, rien n'interdit de faire des modèles. Un jour viendra sans doute où le travail sur les cérébroides exigera que l'on associe les neurones de manière optimale, probablement mieux que dans le cerveau humain.

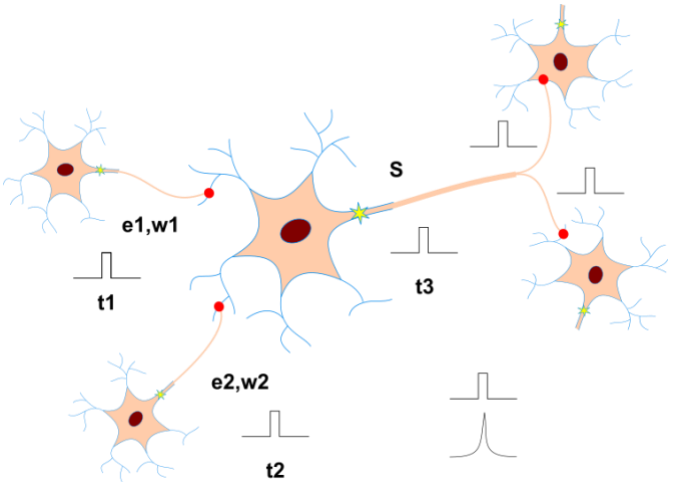


Illustration : le réseau de neurones est parcouru par un influx nerveux qui prend la forme d'un signal transitoire (un pulse, impulsion rectangulaire dans une représentation simple mais non représentative de la réalité) / un neurone est unidirectionnel et donc le graphe représentatif du réseau neural à un instant donné est un graphe orienté / un même neurone peut être stimulé par de nombreux autres en amont suite à la stimulation d'une **connexion synaptique** (**pastille rouge** sur le schéma) par l'arrivée d'un pulse (influx nerveux) / de même ce neurone peut activer de nombreux autres neurones en aval. Les connexions synaptiques sont très nombreuses. **Un neurone du réseau** est **connecté** par des synapses **à une dizaine de milliers d'autres neurones** (Dans ces conditions une étude analytique est exclue et on a recours à des simulations numériques) / des neurones peuvent en outre se créer ou disparaître au cours du temps, ouvrant ou fermant des nœuds du réseau. La topographie (arêtes et nœuds_sommets du graphe) évolue donc au cours du temps / l'activation d'un

neurone est effective (**génération d'un** potentiel ou **pulse** au niveau de cône de sortie du neurone, **étoile jaune** sur le schéma) quand la grandeur continue S=Σ ei.wi atteint un certain seuil (ei représente le signal d'entrée, une impulsion, et wi le poids de la connexion synaptique). Si la somme pondérée S dépasse une certaine valeur, la sortie du neurone est 1, sinon elle vaut 0 / quand un neurone est activé, il excite à son tour des connexions synaptiques de neurones situés en aval / on peut théoriquement utiliser des neurones artificiels pour réaliser des opérations arithmétiques, logiques ou symboliques.

On doit donc utiliser un réseau ou graphe bien plus compliqué que pour le traitement sensoriel. Et pour compliquer encore plus, il faudrait tenir compte dans les simulations du phénomène de neurogénèse qui permet de faire disparaître ou apparaître des connexions synaptiques supplémentaires.

Dans l'espace d'épures qu'est l'hippocampe où se construisent les pensées, les lois de l'intelligence sont encore à découvrir, celles qui expliqueront comment les clusters-pensées se forment, s'associent, se dissocient en réalisant les opérations de la théorie des ensembles, de la logique, de l'arithmétique, de la géométrie, plus généralement toutes les opérations mathématiques.

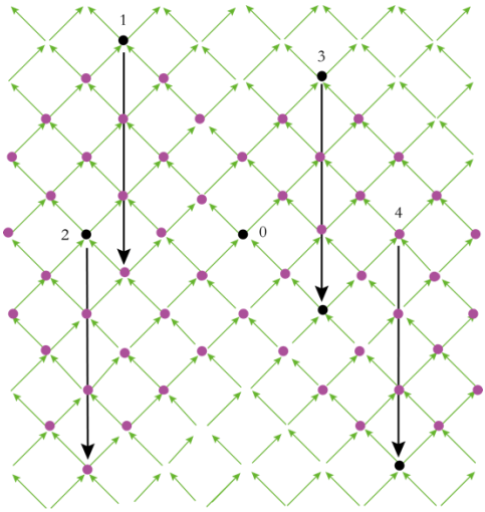


Illustration : effet des retours (réactions) sur un réseau (en vert) constitué de couches successives de neurones (dans l'exemple choisi ici, chaque neurone dans une couche donnée est susceptible d'être activé par deux neurones de la couche en-dessous, flèches vertes entrantes. À son tour, il peut activer deux neurones de la couche au-dessus, flèches sortantes, e1 et e2 sur le schéma de droite). Il n'y a pas de possibilités de construire une boucle. Si maintenant on introduit des retours (ici les neurones en noir 1, 2, 3 et 4), de nombreuses boucles fermées sont possibles dans lequel l'influx nerveux peut se propager de proche en proche par exempel depuis le neurone 0 en noir. Les neurones activables sont représentés en violet. Suivant la durée de l'hystérésis des connexions synaptiques, on peut imaginer l'activation de grappes utilisant les retours 1 et 3, ou plus étendus utilisant

également les retours 2 et 4 (on a alors une cinquantaine de neurones activés susceptibles d'être activés.

On prend en compte l'effet d'hystérésis des connexions synaptiques en agissant sur les pondérations wi des neurones.

Activation du neurone j : $\sum_L w_{Lj} = \varphi[\sum_L e_L.U(t-t_{jL0}).W_{0L}]$ est comparée à une valeur de seuil), alors le neurone j est activé. La connexion synaptique **L d'entrée** du neurone formel **j** est supposée avoir été activée au temps t_{jL0} par l'arrivée d'un pulse sur l'entrée e_L de ce neurone j. Son poids a alors été renforcé, introduction du facteur $U(t-t_{jL0})$ qui va décroitre avec le temps jusqu'à retomber à 1 si la connexion n'est pas rafraichie entre temps. Pour simplifier on peut considérer $w_{0L}=w_0$.

Combien de neurones dans les réseaux (ou machines) neuromorphes : aujourd'hui quelques cent millions de neurones formels (en millions de neurones dans le cortex : chat 300 / chimpanzé 6 000 / homme 21 000) / en 2022 GPT-3 (I.A. conversationnelle) fonctionne avec 175 milliards de synapses (et consomme autant qu'une ville de quelques milliers d'habitants à comparer aux quelques watts consommés par le cerveau humain).

Connectome : le cortex humain épais de seulement quelques mm comprend 1 million de colonnes corticales fonctionnant comme autant de processeurs.

Neurogenèse : de nouveaux neurones naissent sans cesse dans un cerveau adulte, en particulier au niveau du bulbe olfactif et de l'hippocampe.

~

Modélisation de la pensée

(Connectome, synchronisation, neurones formels, clusters, lois de l'intelligence, cerveaux artificiels, effondrement quantique, …)

L'argument principal justifiant la possibilité d'une approche matérialiste de la conscience est d'ordre neurobiologique. On constate expérimentalement qu'une pensée spécifique correspond à l'activation d'un groupe de neurones particulier. Ces neurones sont activés ensemble durant un temps compatible avec la possibilité pour l'organisme de réagir avec son environnement. La pensée persiste donc durant ce temps. Une pensée est alors associée à une **activité synchrone d'un groupe ou grappe ou cluster de de neurones.**

Le maintien de l'activation d'un groupe de neurones durant un certain temps se fait grâce à l'hystérésis des connexions synaptiques.

+ plasticité synapses

Dynamique de réorganisation neurale : depuis ces observations, des travaux plus systématiques ont été menés, tendant à démontrer que la réorganisation de la circuiterie neurale pourrait expliquer le phénomène de mémorisation. En cause la création de nouvelles connexions synaptiques qui permettrait d'associer un circuit particulier une pensée donnée. On sait également que certaines zones du cerveau peuvent au cours de la vie croître ou décroître (cas des femmes enceintes). Ce phénomène est aussi noté dans la domestication d'espèces animales. Cela conduit à penser que le cerveau doit être capable de créer des nouveaux neurones et d'en faire disparaître d'autres. Là encore on parle de plasticité (le cerveau est capable de s'adapter à des situations particulières, des stimulis, des modifications de l'environnement). Les travaux évoqués ici confirment cette hypothèse en montrant que le phénomène est bien plus important encore que ce que l'on pouvait croire précédemment.

La plasticité, adaptation morphologique des synapses permet une

réorganisation des aiguillages grâce aux synapses. Des expériences ont été menées en particulier sur les poissons zèbres dont les larves sont transparentes. Les chercheurs ont suivi par fluorescence, in vivo, en dynamique (id en temps réel) l'activité des synapses, activation à la suite d'une sollicitation_expérience sensorielle (association de nourriture à un signal), traitement et mise en mémoire. Les résultats font apapraître l'apparition et la disparition de nombreuses synapses quand s'opère le stockage en mémoire (dans une zone spécifique du cerveau autre que celle où a lieu le traitement primaire de l'information et qui fait intervenir tout le circuit de contrôle du cerveau, voir autres items). Quand un souvenir se crée, certaines synapses d'une partie du cerveau sont détruites dans une partie du cerveau et d'autres sont crées dans une autre zone (zone de stockage des souvenirs importants). Il s'agit ici d'expériences sensorielles importantes pour la vie de l'animal. Les expériences de moindre importance créent quant à elles des pensées_souvenirs volatiles ne donnant pas lieu à ce push-pull de synapses.

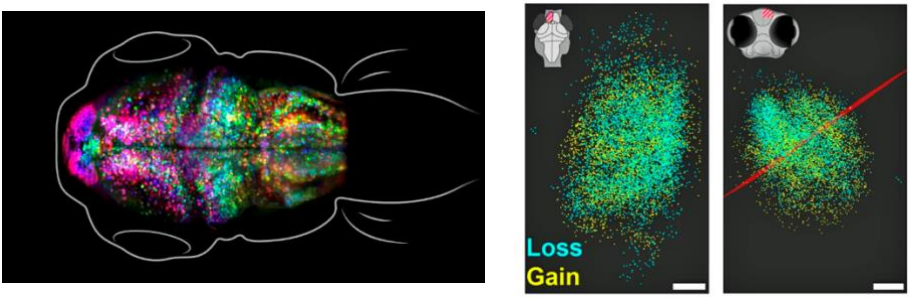


Illustration : Scott Faiser, Université de Californie du Sud, USA, formation d'un souvenir dans le cerveau d'une larve (une semaine) de poisson zèbre. Le cerveau de cet animal est déjà suffisamment complexe pour que l'on puisse espérer mettre en évidence certains troubles mentaux également présents chez l'homme.

De nombreuses études ont été menées visant à rendre fluorescents des animaux. Ainsi, en nourrisant des vers à soie (bombyx mori) avec des feuilles de murier contenant des nanoparticules de carbone (< 10 nm, semi-conducteurs, capables d'émettre des λ lumineuses spécifiques), biocompatibles, des chercheurs chinois ont réussi à rendre des vers à soie fluorescents. Le papillon adulte peut même alors secréter de la soie elle-même fluorescente.

Le poisson_zèbre est un cobaye très utilisé par les chercheurs. Il se reproduit rapidement et peut régénérer certains organes comme le nerf optique, la rétine, le cœur ou encore les nageoires. On connait aussi le glofish, un poisson-zèbre génétiquement modifié par l'introduction dans le génome d'une protéine fluorescente présente naturellement dans l'anémone de mer

Dans le cas présent du poisson-zèbre, ce sont les synapses (par l'intermédiaire des gènes correspondants) qui sont marquées, id étiquetées par une protéine fluorescente et sans que la vie normale du poisson ne soit altérée La protéine une fois excitée par un laser, émet de la lumière. La seconde illustration (Don Arnold, Université de Californie du Sud) montre la destruction des synapses ainsi que l'apparition de synapses nouvelles. La ligne rouge sépare les zones du cerveau affectées par des pertes ou au contraire des gains de synapses.

On a aussi étudié des vers par fluorescence. Ils ont l'avantage de comporter un nombre de neurones limité (quelques centaines) mais il n'y a pas encore de zone neurale affectée spécifiquement à la mémoire. Le suivi d'espèces ayant une architecture neurale de plus en plus complexe du ver au poisson-zèbre pourra apporter de précisues informations sur le fonctionnement de la conscience.

La possibilité d'une réorganisation des connexions dans le réseau où transitent les informations est une caractéristique de tous les êtres vivants. On l'observe dans les réseaux de neurones.

~

Hystérésis des connexions synaptiques : dans les années 60 est apparu le modèle d'**imprinting** : quand un premier neurone soumis à des stimulis envoie des messages bioéléctriques répétés à un second neurone, alors ce dernier devient graduellement plus sensible aux messages du premier. Il conserve un souvenir des précédentes excitations durant un certain temps (comme l'hystérésis dans les phénomènes physiques). Ainsi, lorqu'une personne regarde une série ou un film TV, plus la scène est marquante et mieux elle sera ancrée en mémoire.

On verra dans d'autres items que cela conduit à une hiérarchisation des pensées. Certaines seront renforcées par l'action des hormones (des grappes de neurones se trouvent alors activées puis réactivées, rafraîchies grâce à l'action d'hormones émises, rôle de la sérotonine découvert dans

les années 70) et ensuite stockées en mémoire, d'autres considérées comme peu importantes ou non vitales seront effacées, oubliées.

Pensées durables ou éphémères

Les connexions synaptiques peuvent être plus ou moins résistantes dans le temps, durables selon le renforcement protéique qui a été apporté au moment de l'élaboration. On distingue ainsi la mémoire à long terme qui contient des souevnirs pouvant durer tout au cours de la vie. D'autres pensées, éphémères, sont de simples constructions dont le produit n'est pas jugé suffisamment important, pour être retenu, mémorisé et donc non récompensé par le processus de renforcement (hormones).

Le système limbique (centre du cerveau) est responsable de l'élaboration des pensées. Il est à la fois un compositeur et un chef d'orchestre. N tant que compositeur, il construit des pensées selon les lois mathématiques de l'intelligence et il veille à la bonne orchestration, synchronisation des groupes de neurones musiciens situés dans diverses aires du cerveau. Dans le grand foisonnement des idées engendrées par le cerveau le compositeur, nous ne prêtons en fait attention qu'aux pensées les plus prégnantes encouragées par le système de récompense. Dans la compétition incessante, ce sont les pensées associées à nos motivations principales (dans l'ordre historique la simple survie, aujourd'hui le dépassement des fonctionnalités avec le désir de toujours plus de jouissance physique ou mentale) qui seront un fine retenues.

Mémorisation : les souvenirs les plus résistants au temps correspondent à des réseaux dans lesquels les connexions synaptiques renforcées par des protéines sont particulièrement robustes, difficiles à détruire (mémoire à long terme). D'autres souvenirs moins indélébiles sont associés à des connexions synaptiques susceptibles de pouvoir encore se modifier. Enfin lorsque germe une nouvelle pensée, les connexions synaptiques sont encore quasi vierges. La confirmation de cette nouvelle pensée en tant que futur souvenir nécessite que l'influx nerveux passe et repasse (encouragement hormonal). À chaque nouveau passage (rafraichissement), un apport de protéines au niveau des synapses confirme la configuration (le fonctionnement à l'identique) de l'aiguillage qui finit par perdre peu à peu ses capacités à aiguiller dans une direction

quelconque. Au fur et à mesure de l'évolution, le traitement de l'information se complexifie, sophistique, faisant sans cesse plus appel à la mémoire.

~

Binding problem

Cette question est en rapport avec la manière dont se construisent els pensées. Prenons un exemple : on demande à un sujet de regarder un ballon, puis la couleur rouge (par exemple un écran rouge), puis un ballon de couleur rouge. Des aires visuelles spécifiques vont traiter l'information de forme (sphère, boule) et par ailleurs de couleur. Comment relier la syncrhonisation résultante ballon rouge aux synchronisations (activations) associéesrespectivement à la aforme boule et à la couleur ? On peut compliquer encore plus et placer le ballon rouge près d'une boîte verte, impliquant alors des informations spatiales. Toutes sortes d'expérimentations viennent à l'esprit qui pourraient être gérées, triées, interprétées par l'intelligence artificielle si l'on disposait d'un mapping d'activation des neurones. Pour cela, l'idéal serait bien sûr de suivre l'activation, les synchronisations à partir d'une implantation cérébrale fine capable de détecter l'activité de quelques neurones seulement.

~

Bien-être et mal-être, aires du cerveau impliquées

Dans le cas du contrôle d'un processus industriel, le technicien opérateur programme une valeur de consigne, par exemple la température dans le cas du contrôle d'un four électrique. Un comparateur fait la différence entre la température effective (réelle) mesurée avec un thermocouple placé dans le four et la temprétaure de consigne. Cette différence ajuste alors le courant dans les résistances de chauffage. On peut noter que, in fine, c'est la conscience du technicien qui en fait décide d'agir de telle ou telle manière selon que la température est supérieure ou au contraire inférieure à la température de consigne. Dans le cas de nos pensées, maintenant, nous allons décider de notre comportement (actions à mener) en fonction d'un référent de valeurs. S'il s'agit de

climatisation, 20°C sera pour beaucoup de personnes une valeur de consigne idéale. À 30° elles auront trop chaud et à 10° trop froid. Dans les deux cas elles ressentiront du déplaisir qui les conduira à climatiser ou chauffer.

Un des sujets majeurs non élucidés dans le domaine de la conscience, en plus de l'identification des nœuds responsables de la conscience s'activant (de manière synchrone ?) lors d'une pensée, est celui du Bien et du Mal (utile-inutile dans le cas des êtres vivants les plus simples). Comment notre cerveau distingue-t-il les deux ? Notre comportement est lié à l'activation de neurones appartenant à divers circuits, récompense (utilisant le Medial Forebrain Bundle), le circuit de punition (Peri Ventricular System) ou encore le circuit inhibiteur d'action (System Inhibiteur Action). Ces circuits relient tous plusieurs aires différentes du cerveau, ce qui conduit de nombreux chercheurs à considérer qu'il n'y a pas de centre décidant du Bien et du Mal (on avait soupçonné un temps le noyau accumbens d'être en quelque sorte le mesureur de l'état de plaisir) mais un ensemble d'aires qui activées ensemble (de quelle manière ?) créeraient le ressenti de Bien, Mal ou indifférence (neutralité). On en revient ainsi à l'idée d'une corrélation entre l'état d'activation de nœuds conscients répartis dans tout l'organisme considéré et la sensation de bien-être ou mal-être. Le Bien-être nécessiterait une activation de groupe présentant un caractère particulier à découvrir (activité synchrone, résonance, ondes globales … ?) et s'appliquant à toutes les fonctions vitales. Cette manière de voir rejoint le concept intuitif d'harmonie présent dans certaines médecines traditionnelles antiques. S'il en est ainsi, alors il sera indispensable d'analyser finement l'activation des neurones dans divers états engendrant bien-être ou mal-être.

Plus généralement, l'idée qu'une pensée particulière puisse être associée à un groupe ou grappe ou cluster particulier de neurones mais tous répartis dans une même aire du cerveau est probablement erronée. L'architecture cérébrale n'est pas celle des ordinateurs créés par l'homme, du moins jusqu'à présent.

On pourra trouver une description de ces circuits accessible aux non spécialistes sur le site **lecerveau.macgill.ca**.

Circuit MFB : L'Aire Tegmentale Ventrale (une région du mésencéphale) reçoit des informations en provenance d'autres régions indiquant si le métabolisme ou d'autres fonctions (reproduction) est correct, à savoir conforme à la norme, à ce que l'on peut attendre en cas de bon fonctionnement (on a défini dans Ydunéa le bien-être d'un être vivant de manière assez large, le conditionnant à l'atteinte de la plénitude des fonctionnalités de l'organisme considéré). Si c'est bien le cas, autrement dit si l'expérience ou activité en cours génère pour nous un ressenti de satisfaction, plaisir, alors l'ATV en informe le noyau accumbens et l'on observe une libération de dopamine. Cette hormone est aussi libérée dans l'amygdale, le septum et le cortex préfrontal (impliqué dans l'attention). Le circuit de transmission d'information entre toutes ces zones (ATV, noyau accumbens, amygdale, septum, cortex préfrontal, …) constitue le circuit du plaisir, celui-ci encourageant la répétition des actions à l'origine du plaisir. Le cablage nerveux correspondant est renforcé (connexions synaptiques).

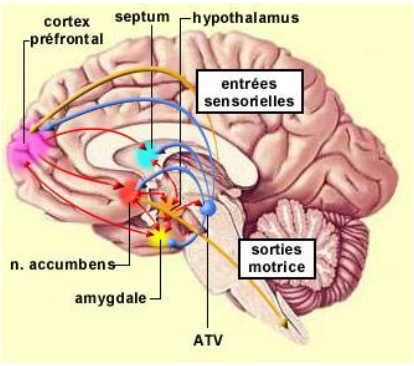


Illustration : circuit de récompense : source **lecerveau.macgill.ca**.

Les neurones de l'ATV ont été considérés par certains comme jouant le rôle du comparateur+opérateur dans un process industriel contrôlé (voir début de cet item), autrement dit comme un centre conscient décisionnel. Les neuroscientifiques penchent cependant plutôt en faveur d'un modèle décentralisé.

Circuit PVS : il relie l'hypothalamus, le thalamus, la matière grise entourant l'aqueduc de Sylvius ainsi que des aires secondaires situées dans l'amygdale et l'hippocampe. L'Adrenal Cortico Trophic Hormone stimule la libération d'adrénaline. Son activation, associée au mal-être, au déplaisir entraîne des comportements d'évitement ou de fuite.

~

L'hypothèse du réseau neural support

On s'interroge parfois sur le lien entre les travaux des physiciens et ceux des neurobiologistes qui s'intéressent aux activations de réseaux de neurones associées à chaque pensée, ou à la synchronisation. Il semble de plus en plus évident que le réseau de neurones n'est qu'un support d'activation, un berceau de conscience, permettant l'essentiel, à savoir la mise en vibration (intrication temporaire) à température ambiante de groupes, grappes, clusters de neurones (cluster-grappe au sens large pouvant comprendre des sous-groupes de neurones reliés par des bus biologiques assurant la mise en communication en vue de la synchronisation d'ensembles plus importants, implication de plusieurs aires cérébrales). Les neurobiologistes qui s'intéressent à la circuiterie essayent d'élucider les processus d'activation du berceau neural, celui qui réalise en particulier les opérations de stockage ou rappel mémoire, la structuration des pensées (combinaisons, oérations logiques, mathématiques plus généralement).

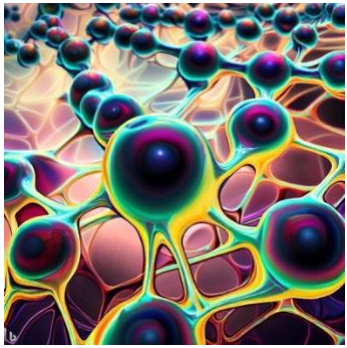


Illustration: Bing.com / create, prompt: a network whose nodes are cavities, above each cavity a psychedelic sphere.

Plutôt que de réseau neural support on parle souvent de **corrélats neuronaux** dans le cas du cerveau.

Si l'on accorde aux êtres vivants non céphalisés une capacité cosnciente, même minime, elle doit elle aussi reposer sur un réseau mettant ne communication les nœuds conscients.

En ce qui concerne les êtres vivants les plus simples, ils ne peuvent bien sûr pas nous parler mais nous pouvons tenter de rapprocher leur comportement de leur activité métabolique, et établir un mapping des états d'activation (vibration, répartition des densités et flux électriques,

ioniques) dans tout l'organisme. Objectif : distinguer des états de bien-être (well-being) ou mal-être (discomfort). Des méthodes de colorimétrie sous microscope ou encore l'implantation sont possibles. L'évolution n'étant ensuite qu'une affaire de complexité, ces premiers comportements et leurs états physico-chimiques associés peuvent nous éclairer sur les mécanismes de base de l'intelligence et de la conscience). Pour l'homme, on devra probablement faire appel à l'utilisation de nano-implants cérébraux non invasifs.

Dès lors que l'on accepte l'idée du réseau support, à savoir que les traces vibratoires de la pensée consciente permettent de comprendre comment fonctionne cette pensée (pas son origine, on a rappelé plusieurs fois que la conscience existe par essence même), il devient essentiel de suivre de manière très fine, au neurone près, le processus de mobilisation, activation, de tous les neurones participant à un état de pensée donné (mapping).

Aus philosophes qui refusent encore cette idée, on pourrait faire remarquer que l'on aurait alors pu ne pas développer la théorie de la gravitation (dès lors qu'on ne savait pas de quoi il s'agissait). Les physiciens expliquent comment se transforme la nature à partir des traces ou effets laissés par un phénomène. Ils ne peuvent expliquer ce qui est et même quand on arrivera à réduire toutes les interactions physiques à une seule, on ne pourra toujours pas répondre à la question mais c'est quoi cette interaction. On dira alors qu'elle existe par essence, comme une caractéristique fondamentale d el'univers.

~

L'hypothèse de l'effondrement quantique

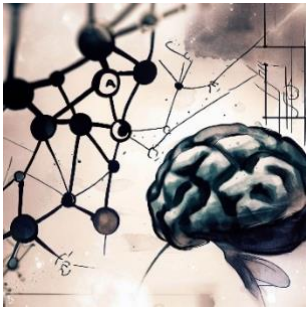
En physique quantique, plusieurs états d'un même système peuvent coexister simultanément. Ce que nous appelons la réalité émerge quand cette superposition s'effondre ce qui peut être causé par le seul fait d'observer le système (on doit comprendre dans cette affaire que nous ne sommes pas un microscope ou une lunette astronomique. Nous sommes impliqués dans le processus, acteur et observateur conscient tout à la fois). Certains physiciens pensent que c'est alors qu'émerge la

conscience.

~

Conscience, quelques pistes de recherche

Neuroscience des réseaux : elle est aujourd'hui en plein essor. Elle a pour objectif de modéliser l'activité cérébrale en étudiant la manière dont l'information peut circuler dans un réseau maillé dont les nœuds (sommets en théorie des graphes) sont des neurones. Le signal (influx nerveux, sauts énergétiques d'un nœud à un autre) transmis par un premier neurone vient stimuler un des multiples neurones connectés par les synapses après avoir transité dans les axones (associés aux arêtes du graphe).



Parallèlement aux études expérimentales visant à décrire de manière détaillée les grappes ou clusters ou trajectoires de neurones associées aux diverses pensées, après avoir imaginé des processus d'émergence des pensées, des règles de construction (mathématiques), on peut procéder à des **simulations**. L'analyse des figures obtenues peut ensuite se faire au moyen d'outils A.I. ou par une analyse matricielle. Cela permet de suivre le développement des pensées.

Illustration : Bing .com, images, create, prompt : the drawing of a graph with edges linking nodes, ink and watercolor drawing, a brain in background

Le nombre des neurones activés est une indication (moyenne) du degré d'activité mentale mais pas de l'intelligence pure (on peut imaginer que beaucoup de neurones soient excités sans qu'il n'y ait une structuration notable en clusters).

Méthodes expérimentales : dans tous les cas, à savoir quel que soit le degré de complexité de l'être vivant considéré, il est essentiel de pouvoir caractériser les réseaux de transmission de l'information ce qui implique

la mise au point de techniques permettant d'identifier le niveau d'activité en chaque point et de suivre son évolution en fonction du temps (**mapping dynamique**). Des méthodes existent déjà telles que la **fluorescence** (marquage génétique). Elles ont été utilisées chez des poissons ou encore des annélides. L'**implantation de nanocapteurs** positionnables avec précision et sensibles à des molécules ou des ions reste encore à développer. Dans le cas du cerveau les implants devraient, dans l'idéal, pouvoir permettre de suivre l'activité de quelques neurones. Les stimulations sont de nature physico-chimique pour les êtres vivants simples. Dans le cas de l'homme, on peut demander à un cobaye de penser intensément et de manière prolongée à une chose et détecter alors les neurones activés. On peut partir d'une chose simple, par exemple un cercle, puis enrichir avec des caractéristiques telles que la couleur, un motif de remplissage. On peut imaginer une infinité de modifications. Une alternative ou complément consiste à présenter au cobaye humain les images correspondantes pour maintenir la pensée.

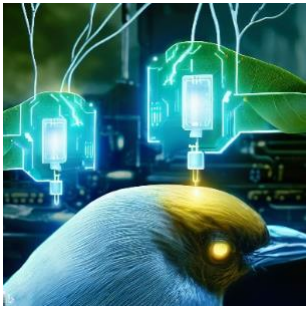
C'est tout un champ de recherches qui s'ouvre, on ne va pas le détailler ici. On se contentera de rappeler l'importance qu'il y aurait à caractériser les états de Mal-être et Bien-être (dans le cas de l'homme, on doit prendre en compte la sécrétion hormonale). Dans le cas des organismes simples, l'objectif est d'arriver à suivre la mobilisation des flux impliqués dans la transmission de l'information et consécutive à un stress particulier.

Dans tout ce qui précéde il s'agit d'expérimentations sur des espèces vivantes créées par l'évolution. On peut aussi appliquer les mêmes méthodes aux **cérébroides** qui ont l'avantage de ne pas susciter les mêmes réserves que l'expérimentation in vivo humaine dans le domaine des implants.

Question annexe : que peut-on attendre de la linguistique ou encore de la psychologie ?

Réponse : des indications précieuses mais qui demandent à être appuyées, confirmées, complétées par des expériences du type de celles dont nous venons de parler.

Exploitation du langage : les sons se sont mués en parole chez les hommes, permettant à l'espèce de communiquer d'un individu à un autre en utilisant un vocabulaire constitué de mots que l'on peut prononcer ou écrire. En tant que traduction de certaines de nos pensées, le langage peut révéler la manière dont elles se construisent, la structuration mathématique (opérateurs de logique séquentielle, combinatoire, opérations de classement, comparaison, translation, similitude, relations de cause à effet …, sous-jacentes à de nombreux mots. Le langage comporte entre autres des mots_indicateurs de choses (moi, toi, le, les, …), des mots associés au ressenti (les interjections, attention, hé ! …) et des mots en lien avec une information sous-jacente de nature mathématique.



Illustrations : pistes de recherche, suivi des états de bien-être, mal-être (stress), harmonie par mapping dynamique (étude de l'activité vibratoire associée à un état de bien-être ou mal-être, implantation d'électrodes sur une plante ou encore d'implants neuronaux dans le cerveau d'un oiseau / Bing.com/create, prompt : left : a bird's brain with neural implants, bottom right a green leaf connected to several fine sensors, all this in front of a

laboratory with many electronic and computer instruments, futuristic style / right : thin glowing implants are placed separately on a bird's brain, and on a green leaf. All are connected to electronic and computer instruments, all in front of a laboratory, futuristic style / middle bottom : thin glowing implants are placed separately on a bird's brain, and on a green leaf. All are connected to electronic and computer instruments, all in front of a laboratory, digital art.

~

Auto-organisation

Définir une chose vivante : une chose est vivante si elle est capable de prélever des proies dans l'environnement, si elle dispose d'un métabolisme capable de les transformer chimiquement pour fabriquer les protéines nécessaires à son développement, si elle peut se reproduire, si elle fait preuve d'un comportement. Tout cela nécessite un système de régulation et contrôle.

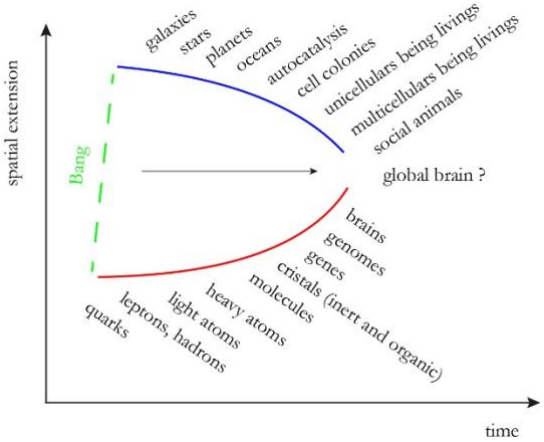
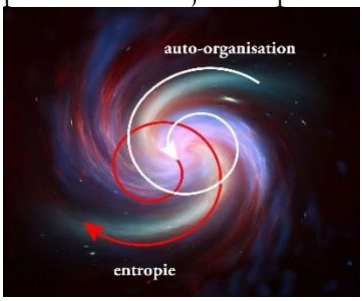


Illustration : schéma d'auto_organisation des choses de la Nature. Cette présentation inspirée du travail d'Eric Jantsch (1929-1980) rapproche les apparitions des diverses choses macroscopiques et microscopiques depuis le temps zéro de notre univers à partir duquel le grand flux d'énergie issu du Bang a commencé à se disperser. Dans le schéma original, une flèche joint les atomes légers aux étoiles, revient de celles-ci vers les atomes lourds. Une autre flèche repart alors vers les planètes pour revenir vers les molécules et ainsi de suite dans une alternance de sauts au niveau macroscopique (courbe du haut) et microscopique (courbe du bas). Certains chercheurs sont persuadés que les deux courbes convergent vers le multivers (global brain) qui serait une fatalité. Nous ne saurions la refuser, en tous cas c'est ce que doivent penser ceux qui en 2022 investissent des dizaines de milliards de dollars dans des entreprises

préparant l'avènement de sociétés virtuelles. F. Nietzche qui faisait l'éloge de la solitude, comme un symbole de force de soi s'en retournerait dans sa tombe !

Vie et devenir de l'univers : alors que le principe d'entropie croissante pousse à toujours plus de désordre, d'éloignement, le principe d'harmonie, grâce à la vie, réussit à réorganiser la nature, à créer de l'ordre, sans qu'il ne soit besoin de des cendre à des températures très basses. Rien n'exclut qu'une espèce vivante dotée d'une intelligence et d'une conscience suffisamment grandes, d'une conscience devenue le principal facteur d'évolution, puisse un jour prendre le contrôle de l'univers tout entier.



Avec seulement quelques centaines de grammes de matière organisée, celle d'un cerveau humain (environ 1,4 kg en moyenne) plus quelques membres dont la force a été démultipliée par les machines, l'espèce humaine s'apprête à maîtriser la fusion nucléaire. Le pouvoir de l'homme pourrait bien devenir illimité (possibilité de terraformer des planètes, d'en créer de nouvelles ou d'en faire disparaître d'autres).

Sur le schéma présentant l'auto-organisation de la Nature, le point final pourrait être le milieu primordial, dans une union de l'infiniment petit et de l'infiniment grand, réalisée par la conscience.

Destinée de l'homme : elle est incertaine. Par le passé, à travers certaiens croyances, l'homme s'est considéré comme une espèce élue, une sorte de miracle ou création divine. Il suffit de parler quelques heures avec un biologiste pour comprendre l'étendue de notre imperfection. Nous ne sommes qu'une accumulation de gènes retenus en fonction du hasard et de la nécessité, des modifications successives de l'environnement. La station debout, la descente du larynx (parole), la préhension des membres avant combinée avec une vue stéréoscopique nous ont certes avantagés vis-à-vis des espèces concurrentes mais rien n'empêche de penser que d'autres formes de vie auraient pu prendre l'avantage, démultipliant suffisamment leurs moyens d'action sur l'extérieur. La conscience de soi souvent citée comme facteur de

supériorité n'est que la conséquence du développement de la mémoire et de l'apparition de la faculté de comparer.

Alors, les insectes auraient-ils pu dominer la Terre ? on peut constater que, le plus souvent, ils n'ont que peu évolué depuis des centaines de millions d'années. Les insectes ont donc toujours été capables de se reproduire à une vitesse vertigineuse. Des mutations à même d'accroître la taille de leur cerveau et par voie de conséquence leur niveau de conscience sont peut-être apparues chez quelques individus remarquables mais elles sont restées sans conséquences en raison des innombrables mélanges génétiques. Ici, nous avons pris en compte la taille de la population. D'autres explications peuvent être données au fait qu'une espèce, dans le cadre de la théorie de l'évolution, aura tendance à ne pas évoluer (requins, tortues, …)

~

Par-delà l'homme

L'homme n'est qu'un détail dans l'univers : il ne faudrait pas accorder à l'homme plus d'importance qu'il n'en a, tomber dans les excès des religions révélées. L'homme n'est qu'un détail dans l'univers mais, en revanche, la conscience est susceptible de germer et croître partout, plus encore de devenir un facteur de réorganisation de l'univers pouvant même accélérer la fin des temps et en faire émerger un nouveau. Pour autant, l'évolution a permis à l'homme de démultiplier ses capacités physiques et mentales jusqu'à un point où quelques centaines de grammes de matière grise deviennent capables de remodeler la nature. À lui, cet homme, de décider aujourd'hui de ce qu'il veut faire, végéter en reproduisant la médiocrité sans se poser de question, vivre comme un cricket, ou alors préférer l'excellence, avoir le courage de regarde les choses en face, prendre son avenir en mains.

Depuis plus d'un siècle, l'Occident avance avec un bandeau spirituel sur les yeux. Il refuse d'actualiser sa vision du monde tout en laissant dépérir le Christianisme. Subitement, l'homme découvre que la technologie pourrait le dépasser, qu'il n'est plus le miracle de la Nature qu'il pensait être auparavant. Dépité et inquiet, il ne sait plus que penser. Il devrait tout au contraire comprendre que tout cela s'inscrit dans les transformations de l'univers causées par la vie et que cette dernière n'est qu'un phénomène comme un autre.

Peut-être même qu'il n'y a aucune finalité dans toute cette affaire, simplement un cycle des univers intégrant un cycle de la conscience, des créations et des fins des temps multiples, une possibilité de désordre, des chaos résultant d'un principe d'imperfection, un principe universel et transcendant visant à rapprocher tous les élements de l'univers désorientés lors d'un Bang. Ce serait une réponse aux questions qui sommes-nous, d'où venons-nous, où allons-nous ? Il resterait cependant à décider ce que nous devrions faire, ce qui serait le mieux pour l'homme.

Quel avenir pour l'homme ? Il pourrait décider de se transformer en une espèce supérieure, un surhomme, peut-être même en une autre entité, et qui ne serait plus forcément une espèce sociale, dotée d'une conscience artificielle améliorée. Cette chose démiurge pourrait privilégier l'atteinte du bien-être en multipliant la staisfaction des sens et du mental (améliorer les sens actuels, ajouter de nouveaux sens capables de tout saisir dans l'univers), en optimisant et multipliant les cycles de Bien et de Mal (création d'un besoin → satisfaction de ce besoin, création d'un nouveau besoin → satisfaction de ce nouveau besoin, et ainsi de suite, en cycles incessants disharmonie → harmonie). Cette entité supérieure pourrait même décider d'ouvrir un nouvel univers, de tout recommencer à zéro.

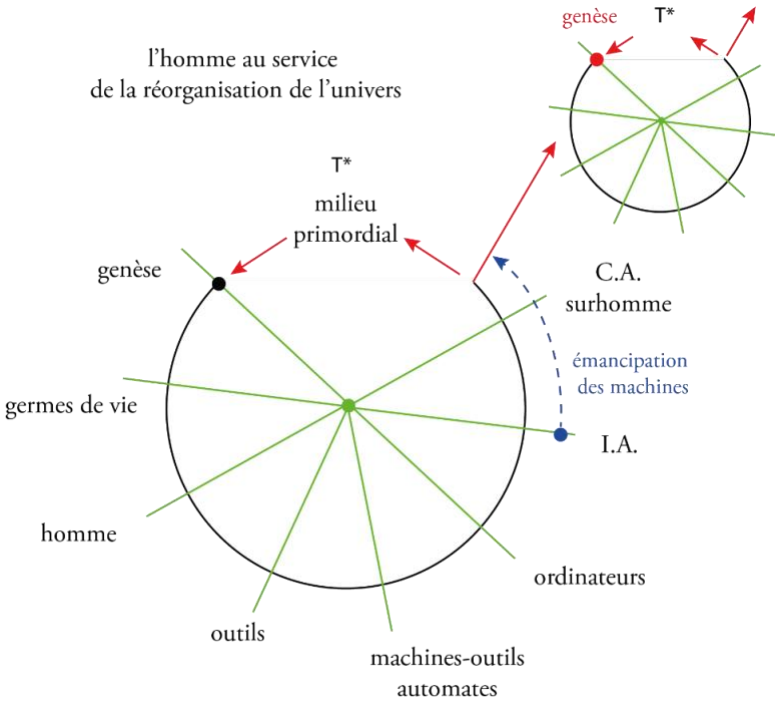


Illustration : l'homme comme vecteur de réorganisation de l'univers.

Cycles de la conscience : dans le milieu primordial, les brins de matière énergie sont à l'état virtuel, sans individualité, fusionnés en une seule entité. Ni le temps ni la distance n'ont de sens (la propagation n'a donc pas de sens comme dans un ensemble intriqué). C'est comme s'il y avait

un état de de partage idéal, infini (l'intuition humaine de la communion des âmes dans les religions, l'état d'harmonie dont nous avons parlé ici). La conscience peut participer au retour du milieu primordial dans son état idéal.

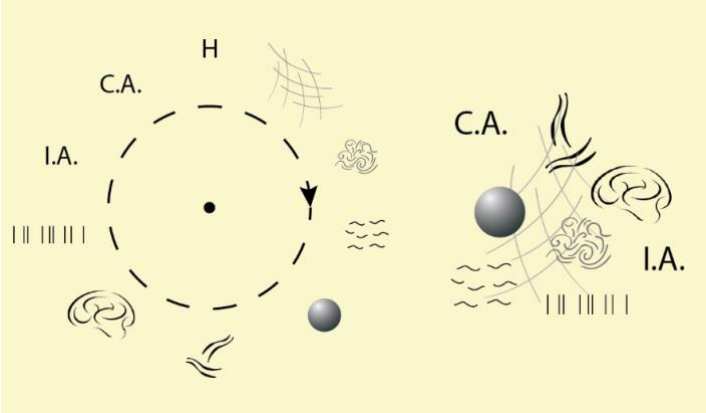


Illustration : le regroupement en harmonie d'un nombre élémentaire de brins suffisant permet l'éveil de la conscience de soi, de la prise de conscience de ce qu'ils participent à la reconstruction de l'univers, au grand retour à l'harmonie. Dans le sens des aiguilles d'une montre : harmonie $\mathcal{H}$ totale du milieu primordial (attention, sur la figure, H n'est pas l'information mais la grandeur harmonie $\mathcal{H}$ caractérisant le degré de communication entre toutes les parties de l'univers, brins constitutifs dans certains modèles) → fluctuation (explicable par le principe ou postulat d'imperfection) → anomalie (pli, brisure, courbure dans l'espace temps → Bang → apparition de brins de matière énergie information conscience complètement découplés → accrétion (gravitation, au hasard des rencontres de brins créant alors des particules élémentaires, des atomes, des molécules, des planètes) → planète Terre → ADN, chromosomes → cerveau (concentration de brins à nouveau couplés mais localement, intelligence et conscience en forte croissance) → démultiplication des moyens d'action, de l'intelligence et de la conscience → fusion communion communication totale de tous les brins, retour à l'état premier H harmonie totale.

Conscience artificielle : plusieurs pistes s'offrent à nous. Dès que nous aurons compris à quoi est due la conscience, nous pourrons envisager de recréer ex nihilo de nouveaux berceaux (autres que notre cerveau)

capables d'activer des grappes de nœuds de cosncience associées à des pensées. L'architecture de ces nouveaux cerveaux pourra être différente de celle de notre cerveau humain.

Une deuxième piste plus immédiate (puisque l'on conserve le berceau ADN) est celle des cérébroides, des organoides développés à partir de cellules souches se différenciant en neurones.

Illustration : Bing.com / create / left prompt : spheres of brain matter immersed in nutrient liquid and connected to electronic instruments and computers, futuristic style / right prompt: a brain enclosed in a translucent sphere.

Mini-cerveaux de synthèse : on sait fabriquer des mini-cerveaux artificiels, plus précisément des sphères miniatures de l'ordre de 0,5cm de diamètre contenant des neurones. Ces structures vivent dans des bains nutritifs. Des chercheurs de l'université de Californie à San Diego (2019) ont suivi leur activité cérébrale avec des électrodes. Ils ont observé une complexification des signaux avec le temps, d'abord une seule fréquence ensuite plusieurs ce qui est le signe d'une organisation cérébrale qui se complexifient. Les neurones forment donc des réseaux complexes, structurés.

Réseaux d'ADN : des chercheurs de l'université Jiao-Tong à Shangai ont réussi à fabriquer des édfices supramoléculaires à échelle micrométrique entirant parti des facultés d'auto-organisation des brins d'ADN. Des métabrins de six doubles hélices se sont à leur tour assemblés pour former des fibres. Des coudes permettant à ces structures de se plier ont ensuite permis de réaliser laillages bidimensionnels. L'homme est peut-être en train de réaliser ce que l'évolution a laissé de côté, une structure capable d'hénerger la conscience mais la nature s'est cosntruite au départ avec le hasard et la sélection. Aujourd'hui l'homme est capable de rechercher de manière systématique toutes les possibilités de réaliser

une conscience plus simplement.

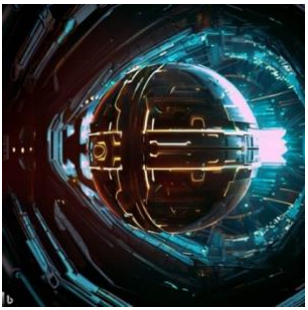


Illustration : quand l'I.A. engender à partir de quaisment rien, Bing.com / create / left prompt / a thing, tight prompt: a futuristic thing.

~

Bien ou Mal ? Recréer la vie ne supprimera pas le Mal, il en est une condition. Impossible de savoir ce qu'une nouvelle espèce déciderait, si elle ne préférerait pas les extrêmes, plus de Mal pour plus de Bien en retour. On pourrait rejouer alors le théâtre du passé, celui de l'histoire humaine. C'est cette hypothèse qui est en fait privilégiée dans la plupart des œuvres de SF qui décrivent des combats intergalactiques interminables entre des Bons et des Méchants.

Illustration : Bing.com / create / prompt : a picture of future human life after they learn to transfer their consciousness in a cyborg.

~

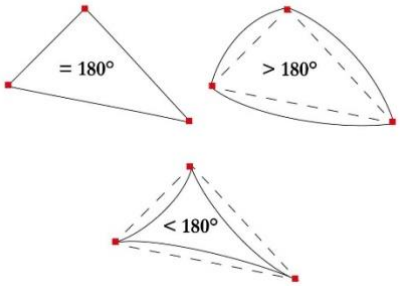
divers

Illusions de la conscience
Physique statistique et pensée
Si les animaux pouvaient parler
Vie, conscience, flux vital, points de vue
+ plasticité synapses
L'inerte au service du vivant
Espaces à n dimensions
Graphes
À propos de la morphologie des êtres vivants

~

Illusions de la conscience

Les limites de ce que nous percevons : la perception des réalités accessibles à nos sens humains peut nous tromper. Nous sommes naturellement enclins à voir le monde d'un point de vue euclidien. Nous sommes habitués à travailler avec des triangles pour lesquels la somme des angles intérieurs est géale à 180°. En géométrie dite sphérique cette somme est supérieure et en géométrie hyperbolique inférieure. Où est la réalité au-delà de ce que nous pouvons percevoir ? Si la réalité n'est pas celle de deux droites parallèles qui ne se couperaient jamais, alors il serait possible que nous confondions le fini et l'infini et cela pourrait tout changer dans notre vision du monde !



En nous construisant progressivement, la nature ne nous a pas directement préparés à mesurer des objets qui se déplaceraient à une fraction significative de la vitesse de la lumière. On peut imaginer qu'une autre espèce aurait pu l'être (l'évolution aurait fait le nécessaire) si elle avait été habituellement confrontée à des situations de ce type (voyages interstellaires fréquents à très grande vitesse). Heureusement, nous pouvons en quelque sorte extrapoler nos sens, compenser leur manque de sensibilité grâce à notre intelligence et notre imagination. Ceux qui veulent comprendre l'univers doivent aller vers l'infiniment grand, l'infiniment rapide, tout comme ils doivent aller vers l'infiniment petit, l'infiniment lent.

Il y a encore une difficulté bien plus grave et inhérente à notre conscience même, le fait de ne pas savoir à quoi réellement elle nous donne accès. Nous ne voyons, percevons que ce qui est fait du même bois que nous, du même matériau car nous avons été faits pour vivre dans cet environnement. Si nous étions partiellement faits d'antimatière alors

nous aurions des sens nous permettant de la percevoir (les êtres faits d'antimatière pensent peut-être la même chose de nous si une vie consciente s'est aussi développée !). Dans l'hypothèse de mondes parallèles, d'une réalité à cheval sur plusieurs univers, la conscience est elle-même la résultante de processus conscients parallèles. Nous sommes peut-être confinés dans des dimensions limitées de l'ensemble des univers.

Nous faisons partie de l'expérience : l'homme n'est pas un microscope. Si nous avons insisté sur les nombreux pièges qui attendent celui qui s'aventure à vouloir décrire et modéliser la nature, ce n'est pas pour le décourager mais bien au contraire lui prouver que l'homme peut arriver à les déjouer. Les sens nous jouent des tours, un son que nous percevons comme grave peut être en réalité bien plus aigu, une longueur que nous croyons mesurer peut en réalité être trop courte, le trajet emprunté que nous croyons en ligne droite peut en réalité être courbe et l'infini n'est peut-être alors qu'une illusion, on ne saurait dire à un instant donné où est vraiment la matière dans le cas de l'infiniment petit. Pire le seul fait d'observer un objet dans l'infiniment petit peut le changer (en fait ne révéler qu'un aspect de sa réalité en masquant les autres). On a vu également qu'il n'y a pas que les mesures physiques qui peuvent nous tromper, les illusions de l'esprit, inhérentes au fonctionnement du cerveau, en particulier l'auto-suggestion, peuvent nous jouer aussi bien des tours si nous sommes trop crédules, pas assez vigilants. Finalement, quand l'homme utilise son esprit, sa conscience, ce n'est pas neutre comme le microscope qui suit le mouvement d'une bactérie dans une lame de microscope. L'homme fait bel et bien partie de l'expérience. Il n'y a alors pas d'autre solution que de se pencher sur le fonctionnement du mental, essayer d'en savoir plus sur les phénomènes conscients, sans à priori ou tabou, cela pour les raisons que nous avons déjà énoncées et sans se laisser intimider par les prêtres, ou philosophes.

Quand l'imagination nous joue des tours : mieux un être vivant peut imaginer des scénarios, plus il a de chances de capturer une proie, d'échapper à son prédateur. La sélection naturelle favorisait donc l'imagination. L'homme peut imaginer toutes sortes de choses improbables, voire impossibles. Une conscience de soi mal maîtrisée peut alors l'amener à confondre le « réel » et le « pur imaginé ». On entre alors

dans le domaine des croyances, en particulier des religions. L'évolution a conditionné l'homme à chercher une explication pour tout ce qu'il perçoit. Quiconque trouve insupportable de ne pas y arriver se contente d'imaginer. Il peut se persuader, une manière de se consoler. Il en est ainsi de la foi religieuse. Ces dérives peuvent être désastreuses dans un groupe humain lorsqu'un seul individu tente d'imposer sa soi-disant vérité.

Domaine paranormal : de nombreuses manifestations étranges qualifiés de phénomènes paranormaux, souvent considérées comme relevant du domaine spirituel (autrement dit non susceptibles d'une explication scientifique par les lois de la physique qui régissent le monde réel) ont fini par trouver une explication. L'échec partiel des tentatives d'explication scientifique des phénomènes qualifiés d'étranges, inexplicables, paranormaux a donné un répit aux religions qui prétendent séparer un domaine mystérieux qualifié de spirituel d'un domaine, une chance pour elles. Pourtant, nombre de scientifiques n'ont en fait jamais accepté cette séparation. Durant le 19ème et le 20ème siècle, de très nombreux hommes et femmes se sont adonnés au spiritisme. Ils espéraient ainsi accéder au monde des âmes par toutes sortes d'expérimentations à caractère pseudo-scientifique.

Parallèlement, de vrais savants ont eu le courage de chercher une explication simple et ils ont souvent réussi. Ainsi en est-il des effets dûs à la résonance : souvent c'est la sensibilité propre de l'expérimentateur ou du cobaye aux gradients de grandeurs physiques classiques comme le champ magnétique qui peut expliquer les observations. Certains sujets humains peuvent en effet se montrer particulièrement réceptifs. Un phénomène de résonance s'enclenche qui amplifie considérablement les mouvements du corps de l'expérimentateur. Un exemple très classique est celui du pendule qui permet à certaines personnes, yeux bandés, de retrouver les points cardinaux. Le pendule se met à osciller préférentiellement dans certaines directions, de la baguette de coudrier qui se met à vibrer près d'une source, il s'agit dans le cas d'espèce de réactivité du corps humain aux variations de champs physiques, électrique ou magnétique (avec une sensibilité particulière au niveau des articulations). Nombre de manifestations paranormales ont ainsi été démystifiées par la science dont les pendules, baguettes de sourcier ou encore tables tournantes. Pendules ou baguettes ne sont que des moyens d'amplifier une oscillation naissante. Dans le cas des tables qui tournent,

le fait de placer du talc sur les mains des sujets qui cherchent ensemble à faire tourner le meuble bloque tout mouvement. La pensée ne fait pas tourner directement le pendule, vibrer la baguette ou tourner les tables. Elle guide seulement les réactions musculaires qui font entrer le système en résonance. Parmi les autres phénomènes qui excitent les adeptes du spiritisme il y a aussi le pouvoir des pierres. Ici encore la résonance peut expliquer l'effet relaxant ; les dimensions des cavités, salles de temples ou tombeaux, grottes, sont compatibles avec les ondes cérébrales favorables à la méditation ou à d'autres états particuliers de la conscience (quelques mètres de côté / voir l'item ondes cérébrales de l'ordre du Hz). Une source de vibration amplifiée par l'environnement peut par exemple interagir avec les ondes cérébrales.

Bing.com / create, prompt : Paranormal, a dowser with his wand, a spinning table with hands placed on it / apparition of the virgin Mary to Bernadette Soubirou, Lourdes cave.

Les sylphes, farfadets, feux follets et autres TLE éphémères, la foudre en boule, ont souvent été associés au paranormal, à des apparitions d'ovnis. Il n'en est évidemment rien ! La plupart du temps il s'agit de phénomènes d'ordre électrostatique.

Parmi les autres effets étranges relevés par les hommes depuis la nuit des temps et inexpliqués figurent bien sûr les phénomènes de télépathie (une personne que l'on regarde de dos se retourne sans qu'elle n'ait eu à utiliser ses sens, vue, ouie, odorat, toucher), de télékinésie, l'apparition de fantômes, les hallucinations collectives, les dématérialisations (mourants, patients en salle d'opération). Bref pas une famille probablement qui n'ait une telle expérience à raconter ! Les scientifiques qui ont examiné à la

loupe les conditions expérimentales de ces situations étranges ont réussi à démystifier toute une classe d'effets. Nombre d'entre eux relèvent de l'autosuggestion id pure illusion mentale. Le sujet ressasse des pensées ou souvenirs jusqu'à l'obsession, entraîné par un affectif incontrôlé. Il est alors victime de visions, hallucinations qui ne sont que des illusions de l'esprit… À force de penser intensément à une chose, de trop la désirer, on peut s'imaginer la voir. En descendant dans une cave pleine de souvenirs, odeurs, images, on croit voir le grand-père disparu en train de boucher ses bouteilles de vin. A force de croire à la Vierge Marie, une simple et brave fille de la campagne est persuadée de l'avoir aperçue réellement, illumination de Jeanne d'Arc… Les paroles que l'on entend d'elle sont celles qui ont été préparées par la pratique religieuse. L'ascèse, l'isolement peuvent aussi favoriser cette disposition d'esprit (dans certains cas on peut être confronté à un phénomène d'hallucination collective bien plus complexe.

Euréka ! Il est commun de se réveiller la nuit en étant particulièrement productif, nouvelles idées. On ne pensait plus à un problème et soudain la solution arrive comme par miracle, inattendue. Une explication raisonnable est liée au fonctionnement même du cerveau humain dont certains processus de rangement, association, se produisent durant la phase de sommeil. Le cerveau a la capacité de travailler seul, de manière autonome, même si la conscience éveillée ne le lui dicte pas. Le fait qu'un chercheur (par exemple) se soit concentré, acharné à la résolution d'un problème particulier au cours des jours ou semaines précédentes va entraîner qu'en mode autonome, le cerveau va reprendre les pensées abordées. Cette explication ne satisfait pas pleinement les ardents partisans des mondes parallèles. Pour eux, il s'agirait de transferts mentaux. La vie du chercheur serait à cheval sur plusieurs mondes et c'est la convergence ou mise en phase des pensées parallèles des jumeaux du chercheur dans les autres mondes qui conduirait à la solution.

~

Cas encore inexpliqués : en dépit de toutes ces avancées, il reste encore des cas vraiment inexpliqués. Ainsi, ce qui s'est passé à Fatima ne semble pas pouvoir être comparé à l'illusion de Lourdes. De nombreuses personnes ont partagé en ce cas particulier un même état de conscience, et cela sans que la situation ne puisse être simplement expliquée par les effets de groupe (foule hurlant à l'unisson dans un stade, effet de propagation de proche en proche, imitation, automates). Dans les cas qui interrogent on peut citer les patients dans le coma qui se réveillent brutalement et se mettent à parler dans une langue étrangère qu'ils n'ont jamais pratiquée, ou encore des personnes qui semblent connaître parfaitement des lieux où pourtant ils ne sont jamais allés. Ces phénomènes alimentent l'hypothèse de transferts de conscience ou pensées, de passages, de passerelles. Certaines personnes font preuve de capacité mentales remarquables. La nature vibratoire de la pensée rend crédible l'hypothèse que des phénomènes d'amplification, résonance, mise en cohérence puissent donner lieu à une pensée suffisamment puissante pour les expliquer. Pour certains, bien sûr il ne s'agit là encore que de supputations, c'est l'essence quantique de la conscience qui serait en cause. Les transferts de pensée pourraient être liés au phénomène d'intrication.

Effets fantômes, monde des âmes : les phénomènes spécifiques, comme les apparitions (fantôme dans un château) ou encore certaines propriétés particulières (mémoire de l'eau) à des lieux ou milieux particuliers soulève la question de la position dans l'espace. On a proposé, ce ne sont bien sûr que des conjectures dans l'état de nos connaissances contemporaines, que tout événement laisserait une trace dans l'espace-temps. C'est également cette raison qui conduit inconsciemment certains parents tiennent à conserver les jouets de leurs enfants ou des objets qui ont appartenu à leurs proches disparus. Si l'on déplaçait le château à une centaine de km, les fantômes déménageraient-ils ou alors resteraient-ils sur place ? Si on déplace le récipient dans lequel était le liquide censé contenir les traces de ce que des molécules dissoutes puis ôtées ont laissé, ces traces suivent-elles le liquide ou alors sont-elles associées à l'éther-espace-temps ? Il y a aujourd'hui un regain d'intérêt pour la modélisation quantique de l'eau qui semble être apparue partout et très tôt dans l'univers.

Nos chers disparus : le concept d'un monde des morts peuplés par les âmes des chers disparus et conversant avec les vivants est très ancien (chamanisme). On le trouve dans des pensées plus récentes comme celle d'Emmanuel Svedenborg (1688-1772) avec la théorie des correspondances :

… qu'il y ait plusieurs terres et sur elles des hommes, et qu'il en provienne des esprits et des anges, c'est ce qui est bien connu dans l'autre vie …
à quiconque le désire … il est accordé de parler avec des esprits d'autres Terres, et d'être par là confirmé en ce qui concerne la pluralité des mondes …

Ce savant reconnu a, comme Blaise Pascal (1623-1662), fait une crise de mysticisme (à l'âge de 56 ans), peut-être au départ par dépit de ne pouvoir tout expliquer (il s'était intéressé à tous les domaines des sciences), peut-être aussi en raison de troubles mentaux entraînant des hallucinations. Pour lui, les mondes naturel et spirituel s'interpénètrent de sorte qu'on ne peut les séparer. Ils sont en communication permanente ce qui influence les plus petits faits de la vie. On peut trouver dans le monde d'en-bas, sur terre, des échos du monde d'en-haut. Ils sont des balises permettant de monter au ciel, s'arracher à la matière, devenir des anges. Enfer et Ciel ne sont pas punition et récompense mais des états librement choisis par les hommes. Svedenborg a aussi élaboré une théorie du prophétisme : un influx venant du monde spirituel sous la forme de de visions, de songes, de paroles même, permettrait à certaines personnes de voir dans le monde d'en-haut (spiritue) ce qui va se passer dans le monde d'en-bas (natuel, tangible). La pensée de Svedenborg a fait des adeptes, en poésie (Charles Baudelaire, les Fleurs du Mal), et relancé la fascination pour l'occultisme.

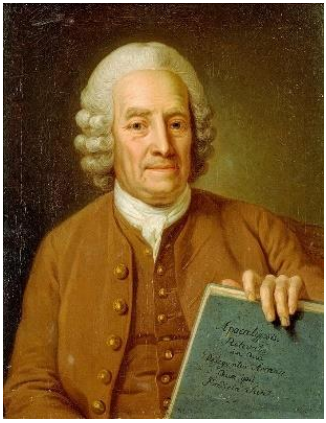


Illustration: Wikimedia, Emanuel Swedenborg, full portrait.

Les théories modernes de mondes multiples, de multivers, élaborées par les physiciens font écho aux anciennes théories de 'correspondances' (entre monde matériel et spirituel). Dans les modèles physiques de cordes

(supercordes, nœuds, brins, branes …) on envisage la possibilité que nous vivions, nous humains, dans une partie réduite de la nature, notre espace-temps xyz et t. la vie où quelque chose de comparable également doué de conscience pourrait s'être développée dans d'autres dimensions déployées après le Bang. La physique quantique nous montre des exemples d'interpénétration de choses. En somme, un monde de fantômes remplacé par des mondes multiples avec des passages, passerelles qui expliqueraient en particulier la chance, la destinée, certains péhénomènes paranormaux.

La question des ondes de conscience : l'hypothèse des ondes de conscience revient de manière récurrente, parfois sous la forme d'un nouveau type d'interaction qui s'ajouterait aux quatre forces fondamentales connues en physique, parfum de mystère, d'autres fois en considérant l'ADN comme une antenne électromagnétique. Dans tout ce que l'on a expliqué, cela ne semble pas nécessaire. Les interactions habituelles suffisent à expliquer la conscience (modèle de type CEMI). C'est seulement la richesse et la variété des vibrations associées qui fait la variété du phénomène.

Parmi les phénomènes qui ont incité certains à faire l'hypothèse d'ondes de conscience, on peut citer la télépathie, le télékynésie et une expérience que chacun a fait une ou plusieurs fois dans sa vie, amener une autre personne à se retourner lorsqu'on la regarde de dos. Tous ces sujets sont aujourd'hui encore explorés. La difficulté principale provient de la nécessité d'éliminer toutes les influences physicochimiques qui pourraient constituer des artefacts. S'affranchir des champs électriques, magnétiques, ou encore d'une émission de phéronomes n'est pas chose aisée. On a longtemps été étonné par la capacité des oiseaux à effectuer des migrations d'un continent à un autre. On a aussi observé toutes sortes de modifications ou guidage de comportement dûs aux caractéristiques physicochimiques de l'environnement. La trajectoire d'un escargot est influencée par un champ magnétique, la croissance des plantes aussi. Des odeurs peuvent également influer sur le comportement. Des gaz émis par le phytoplancton sont capabes d'attirer des oiseaux de haute mer, les guidant sur leur chemin. De manière générale, des stimulis physicochimiques induisent la fabrication de protéines puis de 'pensées' élémentaires capables de moduler les comportements. Une autre explication proposée est celle d'une réalité à cheval sur plusieurs mondes

parallèles, présentée dans la fiction pour expliquer les transferts de pensée ou encore la destinée.

Ondes cérébrales : l'hypothèse précédente n'a rien à voir avec les ondes cérébrales communément mesurées pour suivre l'activité du cerveau. En ce cas on peut réellement parler d'ondes au sens où on l'entend le plus souvent, à savoir une vibration qui se propage et caractérisée par une fréquence f, une vitesse de propagation v, une longueur d'onde $\lambda = v/f$, une intensité A (puissance proprotionnelle à A^2). Pour une onde acoustique (couches d'air périodiquement comprimées et dilatées) se propageant dans l'air, v est voisin de 331m/s. Pour l'influx nerveux, v est de l'ordre de 80m/s. Ondes cérébrales : elles sont le fait d'un influx nerveux qui ondes cérébrales, téta : 4 à 7 Hz, α : 8 à 13 Hz, β : 14 Hz et plus. Prenons un exemple : dans le cas d'une onde α de 10 Hz et une vitesse v de 80m/s pour l'influx nerveux (potentiel d'action qui se déplace le long des axones), on obtient $\lambda = 8m$. Une molécule d'ADN dépliée d'une longueur de 2m pourrait résonner sur des fréquences propres de cet ordre de grandeur.

Bing.com / create, prompt : a brain begins to resonate with Earth-ionosphere ELF waves. / Le mode de résonance principal de la cavité Terre-ionosphère a une longueur d'onde égale à la circonférence de la terre, soit 7,8 Hz

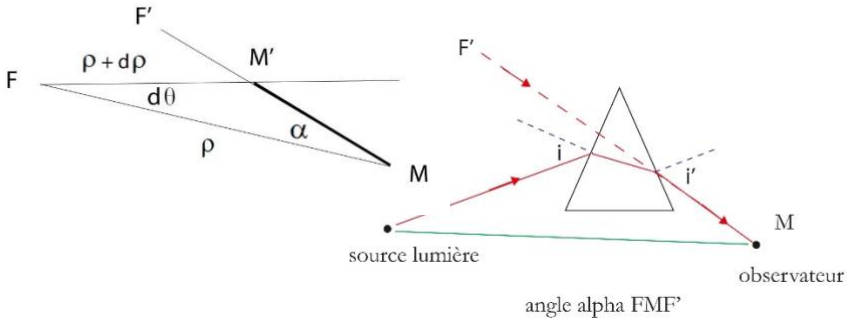
Certaines personnes pensent que ces valeurs pourraient expliquer l'influence qu'exercerait des cavités en pierre sur l'esprit humain, facilitant la méditation, si leurs dimensions sont de l'ordre du mètre (mais le seul fait de s'isoler du monde extérieur peut réduire les sources de stress pour un cerveau toujours aux aguets, du moins pour une personne qui n'est pas claustrophobe, et donc inciter au calme, à la tranquillité).

Illustration : sarcophage dans l'église de Saint-Menoux, France, / le fait de

placer sa tête dans l'orifice ménagé à cet effet aurait des effets miraculeux.

Un autre sujet qui agite les médias en 2021 est celui d'une interaction possible entre les ondes cérébrales et les ondes radio (λ = 33km à 0,1mm). Les ondes de très basse fréquence ELF (extremely low frequencies), de 3 à 30 Hz sont naturellement présentes sur Terre (par exemple avec les éclairs qui font osciller les électrons de l'atmosphère), mais aussi sur Titan, lune de Saturne, bien qu'aucune activité orageuse n'y ait encore été décelée. On a lié les ondes ELF à l'apparition de tumeurs cérébrales.

À l'origine de la conscience : les modèles de type CEMI ne nécessitent pas l'introduction d'un type d'interactions autre que les quatre forces connues de la nature (nucléaires fortes et faibles, électromagnétique et de gravitation). Le cerveau humain fonctionnerait alors comme un gigantesque réseau de noeuds de vibrations dont chacun des noeuds (somas neurons) pourrait être soumis à basculement, peut-être une réduction quantique, sous l'impulsion du signal émis par un autre noeud. **Le réseau nerveux ne serait que le support d'activation de nœuds intriqués. Une pensée spécifique naitrait de l'activation des neurones supports, plus généralement des nœuds du réseau de support (êtres vivants primitifs).**



Aller tout droit ou tourner en rond ? Un observateur regarde une source lumineuse fixe située au point F (x_F y_F) dans le plan x y à travers des lunettes-prismes qui le trompent sur la provenance de la lumière. Il croit la voir sous l'angle α par rapport à la direction réelle, autrement dit

située dans la direction F'. Si on demande à l'observateur de se diriger vers la source lumineuse il va faire un pas dans la direction MF'. La trajectoire empruntée peut se déterminer par itération Mn, Mn+1, Mn+2 ou alors par voie analytique directe. Dans ce dernier cas on peut considérer FMM' :

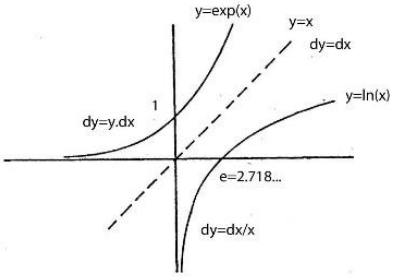
Pour un triangle de sommets A, B et C opposés aux côtés a, b et c, on peut écrire $a/\sin(A)=b/\sin(B)=c/\sin(C)$ et donc dans le cas présent : $(\rho+d\rho)/\sin(\alpha)=\rho/\sin(\pi-\alpha-d\theta)$ puisque la somme des angles d'un triangle est égale à π. Puis $\sin(\pi-\alpha-d\theta) = \sin(\alpha+d\theta) = \sin(\alpha).\cos(d\theta) + \cos\alpha.\sin(d\theta)$. Comme $d\theta$ est très petit, on peut remplacer $\cos(d\theta)$ par 1 et $\sin(d\theta)$ par $d\theta$. Il reste alors :

$$(\rho+d\rho).[\sin(\alpha)+d\theta.\cos(\alpha)] = \rho.\sin(\alpha)$$

Ensuite, en négligeant le terme en $d\rho.d\theta$:

$$d\rho.\sin(\alpha)+ \rho.d\theta.\cos(\alpha)= 0.$$

Finalement : $d\rho/\rho=- d\theta /\tan(\alpha)$ dont la solution est $\rho=R.\exp[-\theta/\tan(\alpha)]$ où R est une constante. La trajectoire est donc une spirale logarithmique déjà vue précédemment.



Note : une approche itérative aurait aussi pu être choisie (simulation numérique).

Lorsque $\alpha=\pi/2$, $\tan(\alpha)$ est infini, $\exp(0)=1$, on retrouve **$\rho=R$**. Il s'agit d'un cercle.

Lorsque $\alpha=\pi/4$, $\tan(\alpha)=1$, **$\rho=R.\exp[-\theta]$**

En fin de compte notre voyageur va effectuer un voyage bien plus long que s'il était parti en ligne droite.

Dans le cas extrême $\alpha=\pi/2$ il tournerait en rond, revenant périodiquement à sa position de départ, déboussolé en quelque sorte.

Pour notre problème, il était intéressant de considérer l'angle α mais dans l'étude des spirales on fait plutôt apparaître le plus souvent l'angle tangentiel à la trajectoire $\beta=\pi-\alpha$, ce qui conduit alors à l'écriture :
$\rho(\theta) = R.\exp[\theta/\tan(\beta)]$.

Sur un quart de tour, θ varie de $\pi/2$ et le rapport des distances au centre ρ'/ρ est donc dans le rapport $\exp[(\pi/2)/\tan(\beta)] = \exp[(1.57/\tan(\beta)]$.

Exemples :

$\tan(\beta)= 0.325$ pour $\beta= \pi/10$ id 18°,

$\tan(\beta)= 0.7109$ pour $\beta= \ldots$, 0.618 radian id 35°, $\rho'/\rho =\ldots$

$\tan(\beta)= 0.727$ pour $\beta= \pi/5$, 0.628 radian id 36°, $\rho'/\rho =8,66$

$\tan(\beta)= 1.376$ pour $\beta= 3.\pi/10$, 0.942 radian id 54°, $\rho'/\rho =3,13$

$\tan(\beta)=1.57$ pour $\beta= 1$ radian id 57° (380°/57=6.6666666…), $\rho'/\rho = e= 2.718$

$\tan(\beta)= 3.078$ pour $\beta= 2.\pi/5$, 1.256 radian id 72°, $\rho'/\rho =1.665$

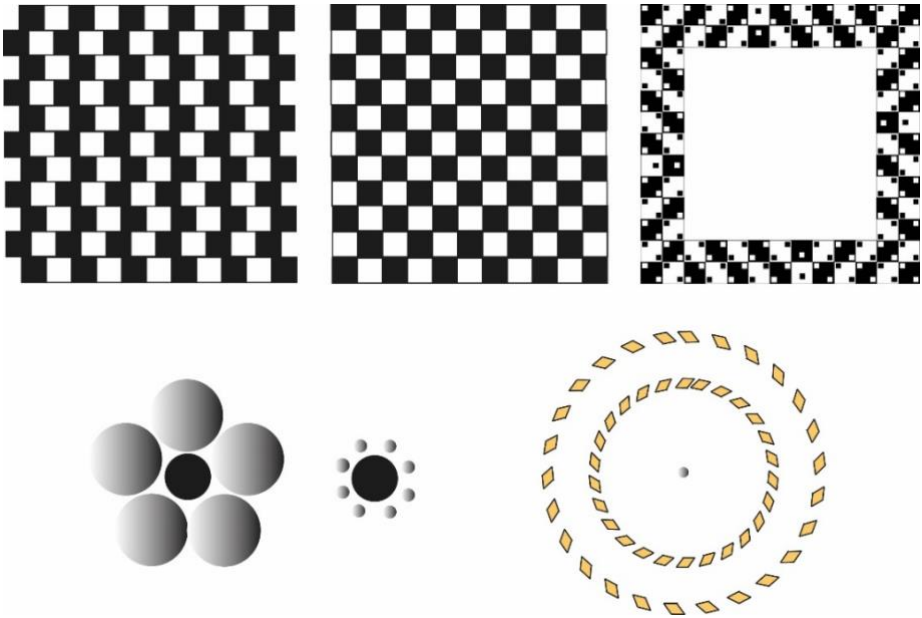
en particulier : $\tan(\beta)=(\pi/2) / \ln(\varphi)$ dans le cas de la spirale d'or

$\tan(\beta)= 3.2643$ pour $\beta= 1.2735$ radian id 72.9°, **$\rho'/\rho = 1.618= \varphi$** si bien qu'à chaque quart de tour la distance au centre est multipliée par le nombre d'or.

$\tan(\beta)=$ infini pour $\beta= \pi/2$, 1.5708 radian id 90°, $\rho'/\rho =1$

~

Quelques illusions d'optique :



Illustrations : quelques illusions d'optique. Sur le damier de gauche ci-dessous, les traits sont en fait parallèles. Le carré de dominos est un vrai carré non déformé ! Les disques noirs sont en fait de même taille. En fixant le centre des deux cercles concentriques et en faisant des zooms dézooms successifs, on a l'impression que les cercles tournent.

Physique statistique et pensée

Physique statistique et conscience : dès lors qu'il est question d'observer un grand nombre d'objets, on peut songer à utiliser les méthodes de la physique statistique. Le développement de la pensée consciente dans le cerveau est limité par l'énergie disponible qui est limitée (quand celle-ci est consommée il faut attendre un certain temps pour reprendre l'activité, temps de relaxation ou mis en repos des neurones). On doit aussi tenir compte du temps de propagation de l'influx d'un nerveux d'un neurone à l'autre $T_i \rightarrow {}_{i+1}$ (fonction de transfert du neurone + facteur en t-x/v correspondant à la propagation le long de l'axone, v vitesse de propagation de l'influx). Si l'on suppose qu'un neurone donné ne peut mémoriser le souvenir d'une excitation que durant le temps Tmax, alors le nombre maximum de neurones mobilisables dans un même cluster est $N=Tmax/ T_i \rightarrow {}_{i+1}$ le dernier neurone de la boucle devant pouvoir exciter le premier (O sur la figure ci-dessus) afin que le même circuit soit à nouveau emprunté par l'influx.

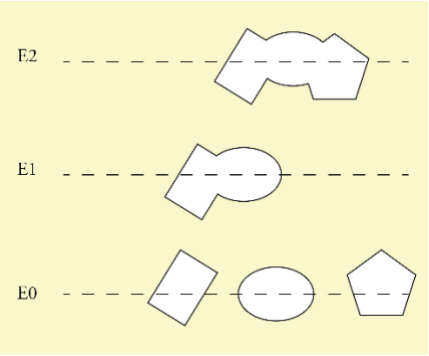


Illustration : le niveau E0 correspond à des pensées assez simples créées par la perception d'objets mathématiques élémentaires, ici des formes (le cercle ou disque ou rond est par exemple associé à la perception visuelle par les êtres vivants de choses réelles telles que le soleil). Les règles à prendre en compte pour déterminer la distribution des pensées en fonction de leur complexité sont les règles d'association, combinaison des pensées simples en pensées complexes (elles permettent de réduire le nombre total des complexions qui serait associé à toutes les structurations possibles, voir à ce sujet le traitement des populations de particules en thermodynamique ou magnétisme). Ces régles restent

aujourd'hui à préciser (de manière expérimentale en suivant par implantation fine l'activation des neurones correspondant à la vue d'une première forme à celle d'une seconde forme et ensuite à celle de l'association).

Le concept de cluster doit être pris au sens large, à savoir que les neurones activés dans une même pensée ne sont pas géographiquement voisins et concentrés dans une aire cérébrale donnée.

En dépit de ces réserves, on peut tenter l'approche de physique statistique. Les clusters_pensées du cerveau sont alors considérés comme une population statistique. L'activité cérébrale est conditionnée par l'énergie disponible apportée par le circuit sanguin. On peut donc raisonnablement penser que plus une pensée est complexe et plus elle consomme d'énergie.

La condition $\delta\{.\sum p_i.\ \ln(p_i)\}=0$ doit pouvoir donner la répartition entre pensées plus ou moins complexes si l'on introduit (méthode des multiplicateurs de Lagrange) les diverses contraintes telles que l'énergie maximale disponible, la taille maximale des clusters (on en a parlé ci-dessus), les règles de structuration (combinaison des pensées, construction). Nous n'irons pas plus loin ici. Il s'agissait seulement dans cet item d'expliquer l'une des voies possibles de modélisation théoriques de la pensée consciente réunissant intelligence et cosncience. On reparlera plus loin de l'utilisation de simulations.

~

Si les animaux pouvaient parler …

Ce serait un précieux apport dans la compréhension de la manière dont se composent les pensées, à un niveau moins complexe que celui de la pensée de l'homme. En ce qui concerne la structuration de la pensée, le travail des pyschologues est souvent critiqué et à juste raison dans la mesure où beaucoup d'entre eux ignorent les neuro-sciences. Certaines méthodes peuvent cependant apporter des informations intéressantes pouvant même aider à construire des protocoles expérimentaux en ce qui concerne les méthodes expérimentales de suivi par implants, fluorescence, suivi du débit sanguin, … On prend ici le cas de l'induction. Une personne cobaye doit dire à quoi lui fait penser un mot de départ L'enchaînement de mot à mot, de concept à concept peut sembler ne pas avoir de fin. Pourtant il se boucle et permet la construction de graphes exploitables. Ce type d'expérience se rapproche des tests de Rorschach ou encore des tests dans lequel on dessine quelques traits avant de demander au sujet cobaye d'expliquer à quelle chose cela peut lui faire penser.

Bing.com / create, prompt : colored Rorschach test.

Il est bien sûr nécessaire de répéter cette expérience pour un mot donné de départ, de considérer une grande quantité de mots, et enfin une grande variété de cobayes (en effet il faut tenir compte de l'inné et de l'acquis, un mathématicien ne répondra peut-être pas comme un agriculteur ou un boulanger … un enfant de 8 ans ne répondra pas comme un adulte, …).

Dans l'exemple ci-dessous, on a demandé ici à un adulte (ingénieur) de nous dire ce que le mot fourmi (ou le dessin) pouvait évoquer pour

lui. Les mots ou concepts dérivent vite de l'essentiel de ce qui concerne la fourmi vers d'autres mots source. Certains concepts, nature, environnement, reviennent plusieurs fois (conditionnement médiatique).

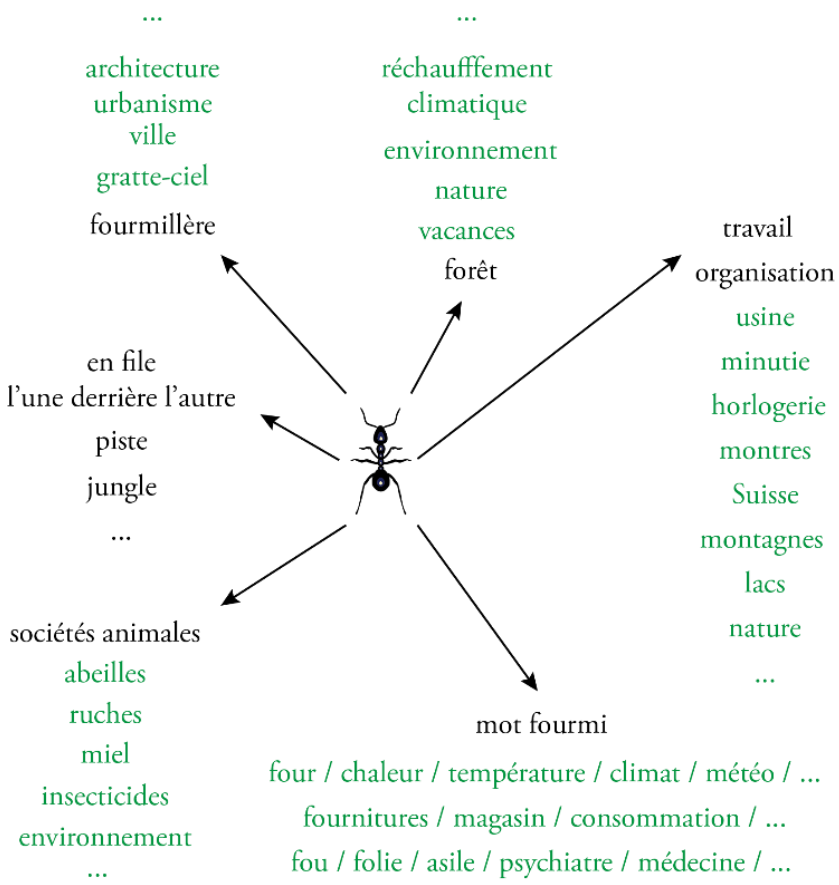


Illustration : quelques mots induits à partir du mot générateur fourmi chez un ingénieur.

~

vie, conscience, flux vital, points de vue

Démocrite : Democritus (460 BC) thought that the essential characteristic of life is having a soul (*psyche*). Like other ancient writers, he was attempting to explain what makes something a *living* thing. His explanation was that fiery atoms make a soul in exactly the same way atoms and void account for any other thing. He elaborates on fire because of the apparent connection between life and heat, and because fire moves.

R. Descartes : the French philosopher René Descartes (1596–1650) held that animals and humans were assemblages of parts that together functioned as a machine.

Gaia hypothesis : the idea that Earth is alive is found in philosophy and religion, but the first scientific discussion of it was by the Scottish scientist James Hutton. In 1785, he stated that Earth was a superorganism, …

Vitalisme : vitalism is the belief that the life-principle is non-material. This originated with Georg Ernst Stahl (17th century) and remained popular until the middle of the 19th century. It appealed to philosophers such as Henri Bergson, Friederich Nietzche, and Wilhem Diltey, anatomists like Xavier Bichat, and chemists like Justus von Liebig.

Vitalism includes the idea that there was a fundamental difference between organic and inorganic material, and the belief that organic material can only be derived from living things. This was disproved in 1828, when Friedrich Wöhler prepared urea from inorganic materials. This Wöhler synthesis is considered the starting point of modern organic chemistry. It is of historical significance because for the first time an organic compound was produced in inorganic reactions.

During the 1850s, Hermann von Helmholtz, anticipated by Julius Robert von Mayer, demonstrated that no energy is lost in muscle

movement, suggesting that there were no "vital forces" necessary to move a muscle. These results led to the abandonment of scientific interest in vitalistic theories, especially after Buchner's demonstration that alcoholic fermentation could occur in cell-free extracts of yeast. Nonetheless, the belief still exists in pseudoscientific theories such as uomeopathy, which interprets diseases and sickness as caused by disturbances in a hypothetical vital force or life force.

Budisa, Kubyshkin and Schmidt : they defined cellular life as an organizational unit resting on four pillars/cornerstones: 1/ energy, 2/ metabolism, 3/ information, 4/ form. This system is able to regulate and control metabolism and energy supply and contains at least one subsystem that functions as an information carrier (genetic information), …

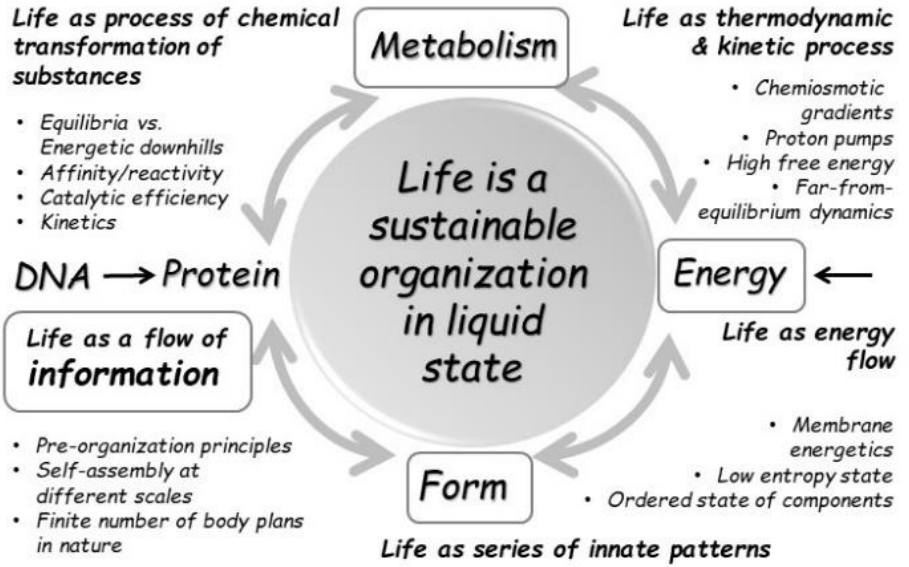


Illustration : by Lukas Franke, own work, CC BY-SA 4.0, commons wikimedia Life / living systems are openself-organizing living things that interact with their environment. These systems are maintained by flows of information, energy, and matter.

Commentaires : dans le schéma de Budisa et al, l'information est essentiellement l'information génétique. On doit aussi tenir compte de l'activation d'un réseau de communication global impliquant toutes les parties d'un même organisme (et même plus tard dans l'évolution, les communications entre individus au sein d'une société animale). Le rôle de la conscience est par ailleurs totalement occulté.

Le modèle de R. Descartes est celui de l'homme_machine.

L'hypothèse de Gaia avance que la Terre serait un superorganisme conscient. Dans Ydunéa, si toutes les choses de la Nature sont conscientes, c'est à des degrés très divers ; la démultiplication d'une espèce vivante eput être un moyen de modification de l'univers.

Le Vitalisme introduit l'idée d'une force supplémentaire dans la Nature, une force vitale. On devrait alors pouvoir lui associer une énergie, pouvoir la mesurer, ce qui n'est pas le cas. L'énergie associée à la communication globale est en réalité incluse dans l'activité métabolique des êtres vivants. Il n'y a pas à considérer de force vitale, seulement un flux permanent d'information qui irrigue l'organisme, un flux qui permet à des 'nœuds' de conscience d'exprimer leur intrication. La conscience en résulte.

La Noosphère : P. Teilhard de Chardin, homme de science et de religion (1881-1955) a imaginé une convergence entre la science, la métaphysique et la théologie. Dans son modèle, des germes de conscience apparaissent dans l'univers dès la genèse. Une sorte de communion universelle (la Noosphère) est l'aboutissement de l'évolution de l'univers (point Ω). Toutes les consciences se fondent alors en une seule entité consciente, l'harmonie, aussi confondue avec le Christ.

Commentaire : il n'y a en fait aucune raison de penser que le Bien puisse forcément l'emporter sur le Mal. Nous avons aussi expliqué que l'homme démiurge pourrait très bien ouvrir un nouvel univers, poursuivre le cycle infini des genèses et fin des temps.

L'espèce humaine pourrait ne pas atteindre elle-même cette noosphère (pour le penseur ce serait le résultat de l'évolution naturelle, l'espèce humaine communiquerait de plus en plus d'individu à individu,

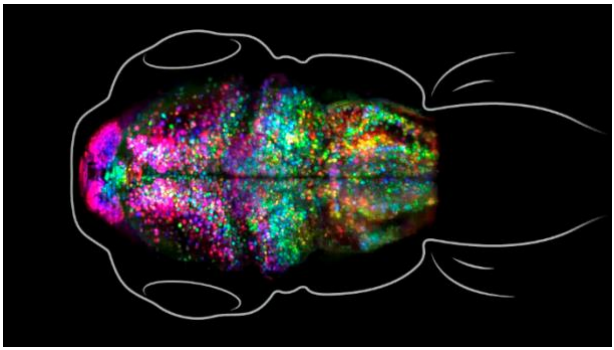
aidée par la technologie, aujourd'hui l'I.A). L'homme pourrait se transformer en quelques Ubermensch ou pourquoi pas en une entité unique crée ex-nihilo.

~

+ plasticité synapses

Dynamique de réorganisation neurale : depuis ces observations, des travaux plus systématiques ont été menés, tendant à démontrer que la réorganisation de la circuiterie neurale pourrait expliquer le phénomène de mémorisation. En cause la création de nouvelles connexions synaptiques qui permettrait d'associer un circuit particulier une pensée donnée. On sait également que certaines zones du cerveau peuvent au cours de la vie croître ou décroître (cas des femmes enceintes). Ce phénomène est aussi noté dans la domestication d'espèces animales. Cela conduit à penser que le cerveau doit être capable de créer des nouveaux neurones et d'en faire disparaître d'autres. Là encore on parle de plasticité (le cerveau est capable de s'adapter à des situations particulières, des stimulis, des modifications de l'environnement). Les travaux évoqués ici confirment cette hypothèse en montrant que le phénomène est bien plus important encore que ce que l'on pouvait croire précédemment.

La plasticité, adaptation morphologique des synapses permet une réorganisation des aiguillages grâce aux synapses. Des expériences ont été menées en particulier sur les poissons zébres dont les larves sont transparentes. Les chercheurs ont suivi par fluorescence, in vivo, en dynamique (id en temps réel) l'activité des synapses, activation à la suite d'une sollicitation_expérience sensorielle (association de nourriture à un signal), traitement et mise en mémoire. Les résultats font apapraître l'apparition et la disparition de nombreuses synapses quand s'opère le stockage en mémoire (dans une zone spécifique du cerveau autre que celle où a lieu le traitement primaire de l'information et qui fait intervenir tout le circuit de contrôle du cerveau, voir autres items). Quand un souvenir se crée, certaines synapses d'une partie du cerveau sont détruites dans une partie du cerveau et d'autres sont crées dans une autre zone (zone de stockage des souvenirs importants). Il s'agit ici d'expériences sensorielles importantes pour la vie de l'animal. Les expériences de moindre importance créent quant à elles des pensées_souvenirs volatiles ne donnant pas lieu à ce push-pull de synapses.



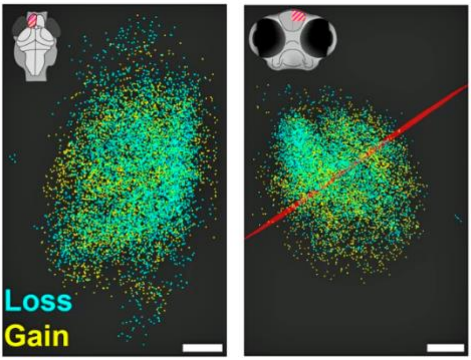


Illustration : Scott Faiser, Université de Californie du Sud, USA, formation d'un souvenir dans le cerveau d'une larve (une semaine) de poisson zèbre. Le cerveau de cet animal est déjà suffisamment complexe pour que l'on puisse espérer mettre en évidence certains troubles mentaux également présents chez l'homme.

De nombreuses études ont été menées visant à rendre fluorescents des animaux. Ainsi, en nourrissant des vers à soie (bombyx mori) avec des feuilles de murier contenant des nanoparticules de carbone (< 10 nm, semi-conducteurs, capables d'émettre des λ lumineuses spécifiques), biocompatibles, des chercheurs chinois ont réussi à rendre des vers à soie fluorescents. Le papillon adulte peut même alors secréter de la soie elle-même fluorescente.

Le poisson_zèbre est un cobaye très utilisé par les chercheurs. Il se reproduit rapidement et peut régénérer certains organes comme le nerf

optique, la rétine, le cœur ou encore les nageoires. On connait aussi le glofish, un poisson-zèbre génétiquement modifié par l'introduction dans le génome d'une protéine fluorescente présente naturellement dans l'anémone de mer

Dans le cas présent du poisson-zèbre, ce sont les synapses (par l'intermédiaire des gènes correspondants) qui sont marquées, id étiquetées par une protéine fluorescente et sans que la vie normale du poisson ne soit altérée La protéine une fois excitée par un laser, émet de la lumière. La seconde illustration (Don Arnold, Université de Californie du Sud) montre la destruction des synapses ainsi que l'apparition de synapses nouvelles. La ligne rouge sépare les zones du cerveau affectées par des pertes ou au contraire des gains de synapses.

On a aussi étudié des vers par fluorescence. Ils ont l'avantage de comporter un nombre de neurones limité (quelques centaines) mais il n'y a pas encore de zone neurale affectée spécifiquement à la mémoire. Le suivi d'espèces ayant une architecture neurale de plus en plus complexe du ver au poisson-zèbre pourra apporter de précisues informations sur le fonctionnement de la conscience.

La possibilité d'une réorganisation des connexions dans le réseau où transitent les informations est une caractéristique de tous les êtres vivants. On l'observe dans les réseaux de neurones.

~

L'inerte au service du vivant

(Des premières machines à l'intelligence artificielle)

Au début était la peur, omniprésente, quotidienne. Bien servi par la Nature, l'espèce humaine a réussi à contrer l'adversité. Elle s'est même multipliée jusqu'à devenir un danger pour l'équilibre global de la planète bleue. L'homme a voulu plus de bien-être. Le dépassement de soi s'est imposé, dans le Mal avec la recherche exagérée de jouissance physique mais aussi dans le Bien avec la quête de toujours plus de connaissances.

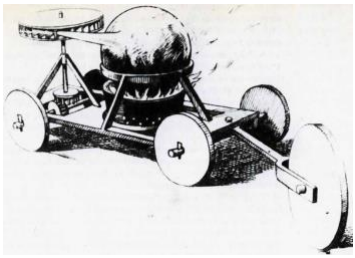
Bing.com / create, prompts : Left, African savannah, in broad daylight, a hominid hits bones using a bone, wide view, Right, the spaceship of Space Odyssey 2001, A. I. HAL 9000 computer tries to take control.

De nombreuses visions de l'univers considèrent que l'homme est un outil d'auto-organisation de l'univers.

L'ère des machines

Démultiplier la force physique : l'os ou la pierre puis le marteau, la masse d'armes ou le sabre pour prolonger le bras et la main, accroître la force de frappe, le levier qui permet d'irriguer, les mécanismes qui transforment les mouvements de translation en rotation ou inversement,

engrenages, machine d'Ancithère, vis sans fin, ressorts, horlogeries, jouets automates animés imitant les mouvements de la Nature et de la vie, horloges astronomiques, la presse hydraulique qui permet de forger, thermodynamique, utilisation de la vapeur, piston, machine à vapeur …



Illustrations : éolipyle d'Héron, moteur à réaction, 1er siècle, Grèce antique / prototype de véhicule mû par la vapeur et dessiné par le père Jésuite F. Verbiest, Pékin, 1672 / ces automates sont encore non programmables.

Démultiplier la vue : vers l'infiniment petit et l'infiniment grand, lentilles, loupes, microscopes, lunettes astronomques, télescopes.

Démultiplier les capacités mathématiques : premières machines à calculer, machines programmables, calculateurs binaires, calculateurs quantiques.

Illustration : les boîtes à musique sont des automates plus élaborés mais basés sur le même principe. Mécanisme vendu dans le commerce en 2022. Les lames écartées par les picots émettent un son en revenant à leur position. Les picots sont répartis sur le tambour de manière à reproduire une mélodie particulière, par exemple une musique de Noel. Le tambour est entraîné par un ressort remonté à la main. La boîte reproduit toujours la même musique.

Premiers automates : en Europe, de nombreux automates ont été incorporés aux horloges astronomiques dès le 14ème siècle. Plus tard, ils ont bénéficié du développement de mécanismes tels que les ressorts ou encore les dispositifs de conversion translation-rotation et vice versa. Le développement de l'horlogerie suisse (Genève), renforcé par l'arrivée de

huguenots chassés de France a permis de réaliser des automates de plus en plus fins. De simples jouets (canard de Vaucanson, boîtes à musique), les automates vont peu à peu se révéler indispensables lors de la révolution industrielle. Il faudra en effet produire de manière répétitive et fidèle, plus rapidement et plus exactement que l'homme.

Régulateurs : avant leur invention, un ouvrier ou artisan effectuant une tâche particulière devait sans cesse vérifier le résultat de son travail. Dans le cas d'une machine, c'est le régulateur qui assure la reproductibilité d'un processus donné. En Hollande, une invention de C. Huyghens avait permis d'optimiser l'écartement des meules de pierre écrasant le grain dans les moulins à vent (ces meules tournent plus ou moins vite selon la puissance du vent). J. Watt l'a reprise pour contrôler l'admission de vapeur réussissant alors à réguler la vitesse de rotation d'une machine outil.

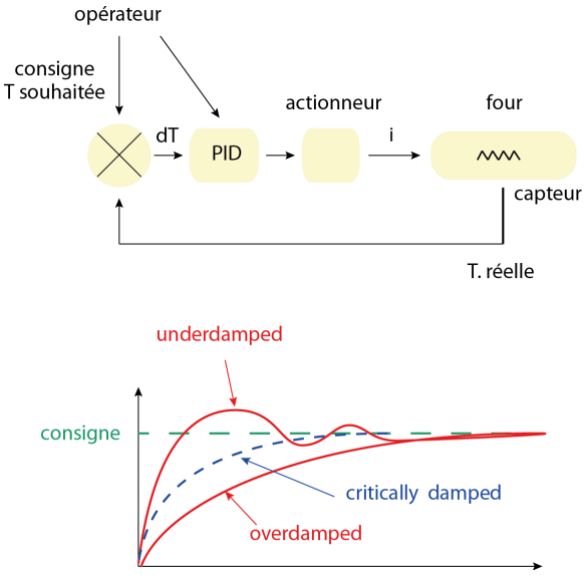


Illustration : régulateur à boules de Watt, Georgetown PowerPlant Museum, Seattle, Joe Mabel, cc by-SA 3.0, commons wikimedia / chaîne de régulation de température d'un four / Le régulateur de Watt permet une auto-régulation (auto autrement dit sans intervention humaine). Quand la vitesse augmente sous l'effet de la vapeur, les boules s'écartent (effet centrifuge) faisant descendre le

haut du pantographe ce qui diminue l'admission de vapeur et en conséquence la vitesse de rotation.

Les régulateurs industriels contemporains sont plus sophistiqués. Un opérateur règle une valeur de consigne, par exemple la température d'un four. Un capteur renvoie en permanence la température effective qui est comparée à la température de consigne. La différence des deux températures actionne le chauffage de la résistance chauffant le four (effet Joule, contrôle du courant traversant la résistance). En pratique on utilise un dispositif de type PID (proportionnel, intégration, différence) prenant en compte l'évolution de la température vers l'équilibre (valeur de consigne). L'entrée du régulateur est la différence de température. La sortie commande un actionneur de puissance par exemple un relais qui va laisser passer ou non le courant électrique. Selon le réglage du PID, on atteint la température souhaitée (consigne) par montée rapide mais avec dépassements_rebonds (underdamped, le système sur-réagit), par montée lente (overdamped, amortissement) ou de manière intermédiaire ce qui est un compromis (critically damped).

Premiers ordinateurs : le métier Jacquard (1745) est un précurseur des ordinateurs. Une même machine (ici le métier à tisser) est capable en obéissant à une séquence d'instructions mémorisées sur des cartes perforées (plusieurs dizaines de milliers) de fabriquer des produits différents (morceaux de musique, tisssus à motifs variés) fonctions des programmes choisis par l'opérateur. Les perforations déterminent la manière dont les fils de diverses couleurs vont s'agencer, se croiser pour composer le motif souhaité. Le métier comporte la partie mécanique qui effectue le travail d'agencement des fils ainsi qu'un lecteur séquentiel d'instructions.

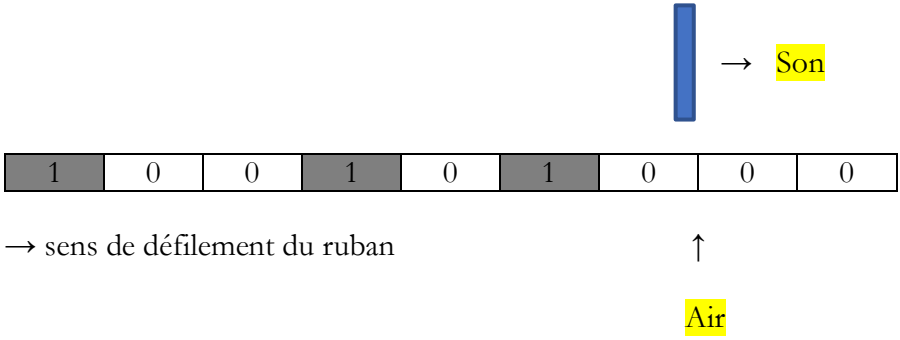
Illustration : métier à tisser Jacquard, Wikimedia, Jacquard loom p1040320.jpg

Il s'est ensuite passé un siècle environ entre l'invention de la Pascaline et le développement des métiers à tisser programmables par cartes

perforées. Si la Pascaline était apparue trop tôt et n'a pas eu de réel succès, les acteurs du tissage ont vite compris l'intérêt du métier Jacquard. Malgré une résistance ouvrière (révolte des canuts de Lyon, France), ils ont fini par s'imposer dans tout le monde occidental. Les machines vont vite remplacer avantageusement l'homme dans les tâches répétitives et pénibles En 1834, C. Babbage s'en est inspiré pour concevoir sa première esquisse de machine analytique (elle utilisait des cartes Jacquard contenant les instructions de calcul). Il faudra néanmoins attendre 1937 pour qu'un ordinateur construit sur ce principe voit le jour (1937, ASCC Mark 1 d'IBM).

Illustration : Pascaline, 1652, Musée des Arts et Métiers, Paris. Dès que l'homme a commencé à pressentir le rôle central joué par les mathématiques, compter, calculer sont devenus importants et l'on a commencé à concevoir des machines arithmétiques, telles que la Pascaline.

Un ordinateur est une machine de traitement de l'information exécutant des instructions de manière séquentielle. L'ensemble de ces instructions constitue l'algorithme). Les opérations mathématiques sont effectuées en logique binaire (à ce jour essentiellement mais les machines quantiques pourront opérer avec un plus grand nombre d'états que 0 et 1). Le concept d'ordinateur a été précisé par Turing.

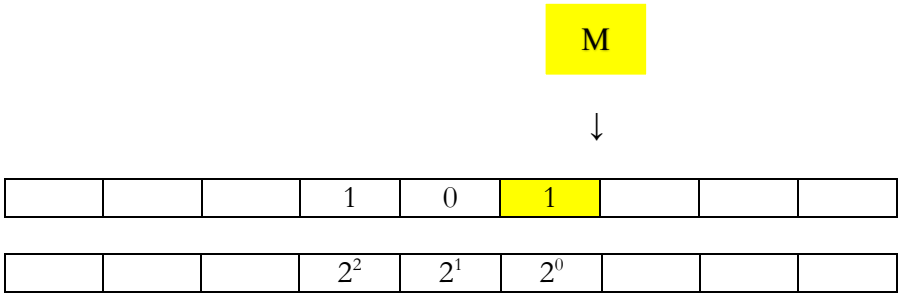


Sur la figure ci-dessus, une piste (un ruban) avance case par case entre

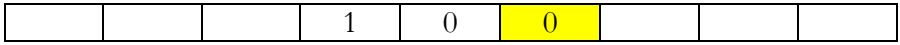
une source d'air et l'embouchure d'un instrument (colonne) capable de produire un son (flûte, tuyau d'orgue, mise en oscillation d'une colonne d'air). Une case grisée (à 1) est pleine et fait obstacle au passage de l'air. La colonne ne produit aucun son. Une case blanche du ruban est percée permettant alors à l'air d'activer la colonne dans laquelle l'air se met à osciller produisant un son.

On peut ainsi programmer à l'avance une suite de sons et la faire exécuter indéfiniment (la séquence de 0 et 1 stockée sur le ruban reproduira toujours la même alternance de sons et de silences).

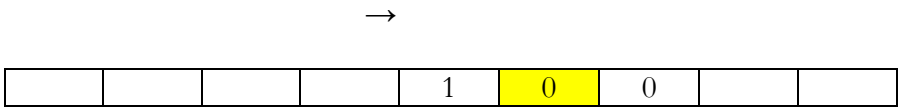
Machine de Turing : supposons que nous voulions (nous, opérateur) faire exécuter l'opération très simple 5+1=6, en binaire 101 ($1x2^2+0x2^1+1x2^0=5$)+001($0x2^2+0x2^1+1x2^0=1$)=110($1x2^2+1x2^1+0x2^0=6$) par une machine équipée d'une tête d'écriture_effacement capable de changer un zéro en un ou inversement dans la case qui lui fait face (elle peut changer un seul bit à la fois). Le nombre binaire 101 (entrée) est inscrit sur un ruban qui va également contenir après l'opération le résultat (sortie).



La machine M doit d'abord transformer le bit 1 en zéro.



puis décaler le ruban vers la droite



et enfin transformer le zéro en 1

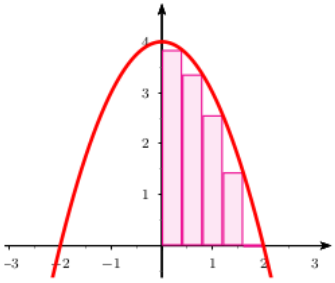
					↓			
				1	1	0		

et enfin redécaler cette fois sur la gauche pour que le résultat de l'opération prenne bien la place de l'entrée.

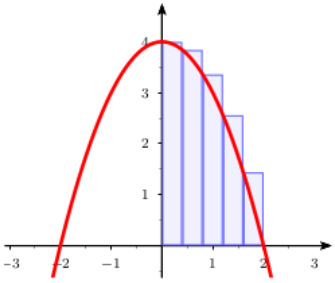
			1	1	0			

M doit bien sûr pouvoir faire ce travail pour les différentes situations possibles associées à l'addition (100 + 001=101, 110+1=111, …)

Dans ce schéma global, on a un opérateur qui va décider de faire l'opération, ici ajouter 1, une entrée stockée dans un registre, ici le ruban et une sortie également stockée en mémoire (temporaire, jusqu'à une nouvelle opération) sur le ruban en fin de calcul et au même endroit, une machine logique qui effectue le travail.



Encadrement inférieur



Encadrement supérieur

Illustration : source Wikipedia, calcul d'une aire par la méthode des rectangles. Le calcul approché d'une intégrale se réduit à des additions et multiplications. Les ingénieurs disposent de bibliothèques de sous-programmes permettant de faire de l'anlyse spectrale ou encore de résoudre un système d'équations différentielles (Ils sont par exemple disponibles dans des logiciels tels que Matlab ou Scilab).

Algorithmes : les ordinateurs réalisent en binaire les opérations arithmétique élémentaires telles que l'addition ou la multiplication. La

modélisation des transformations de la Nature (phénomènes physiques, chimiques, biologiques) conduit la plupart du temps à des systèmes d'équations différentielles, linéaires ou non. La plupart du temps, ils sont insolubles analytiquement. Les informaticiens créent alors des algorithmes ou programmes qui décomposent un calcul complexe particulier en une séquence ordonnée (d'où le mot ordinateur en français plutôt que computer en anglais) de ces opérations.

Automates industriels, 20ème siècle : le fort développement industriel a conduit à la mise au point de microcontrôleurs auxquels on a fini par adjoindre un ordinateur central de contrôle.

~

Jusqu'alors, les machines n'ont fait qu'exécuter fidèlement les algorithmes écrits par l'homme.

~

En dépit des prouesses de calcul que pouvait réaliser un ordinateur moderne, il restait cependant en général une machine inconsciente et privée de libre choix. Il exécutait servilement ce qu'on lui demande, une suite d'instructions écriet par un programmeur.

L'intelligence artificielle marque le début d'une nouvelle étape préparant l'arrivée des consciences artificielles (des cerveaux ou plus généralement berceaux de conscience au départ conçus par l'homme et qui vont finir par le dépasser). On regroupe aujourd'hui (2022) sous l'appellation I.A. toutes sortes de techniques qui annoncent les machines du futur (voir synthèse ci-dessous).

La reconnaissance faciale est une des applications les plus connues du grand public. À partir d'une photo floue (plus généralement assez mal définie) d'un objet donné, un algorithme cherche à identifier de quelle chose il s'agit. Elle dispose d'une base de données qui lui permet de faire des comparaisons. On entre par exemple quelques parties du contour d'un animal, peut-être aussi quelques détails de sa peau ou son pelage et l'algorithme doit déterminer de quelle espèce il s'agit, reconstituer

l'animal complet.

Une autre application du même type (on veut dire mêmes préoccupations humaines) concerne la robotique. Une machine devra être capable de reconnaître les pièces à assembler pour fabriquer un véhicule automobile. Mais on pourra lui demander encore plus d'intelligence, à savoir d'optimiser les déplacements des bras du robot. L'I.A. devra alors procéder par essais et erreurs, apprendre par elle-même, s'enrichir de ses propres expériences jusqu'à définir les meilleures trajectoires, la meilleure succession de tâches de translation rotation repliement ou dépliement des bras mécanisés … Bien sûr, la machine a plus de libertés, on lui laisse définir des parts de l'algorithme global mais elle obéit toujours à l'homme, elle demeure à son service.

L'I.A. a fait une entrée en fanfare dans le grand public fin 2022 début 2023 avec la mise à disposition d'outils permettant d'engendrer des textes comme des images.

Illustration : le logiciel open A.I DALL-E sait générer des images à partir d'un prompt (description textuelle). D'autres logiciels savent générer du texte. Chacun pourra bientôt se transformer en graphiste, artiste, écrivain, romancier. Pour y arriver, l'algorithme puise dans une gigantesque base de données, celle des connaissances humaines disponibles, des centaines de millions au moins. On peut imaginer qu'à l'avenir un étudiant peu doué pour la manipulation des équations et symboles mathématiques mais doué d'une bonne intuition puisse inventer une nouvelle théorie mathématique avec un logiciel A.I. dédié aux mathématiques. Les moins intelligents des hommes pourraient compenser leur médiocrité. Plus inquiétant, des individus malfaisants, mal_conscients pourraient voir leur pouvoir de nuisance démultiplié. Des barrières de sécurité ont donc été prévues du moins pour les versions grand public de ce type de

logiciels.

La présente illustration utilise une autre fonctionnalité de DALL-E 2, la possibilité d'engendrer des images à partir d'une image source plutôt que d'un prompt. L'illustration de droite (image source, Joy et les planètes bleues, Marv Ogee, 1ère édition) a demandé plusieurs heures de travail, l'image de gauche moins d'une minute.

L'I.A. contemporaine reste une intelligence, elle n'est aucunement une conscience, incapable de ressenti conscient. Même s'il y a souvent de quoi nous impressionner, et même nous bluffer, l'intelligence artificielle n'est encore à ce jour qu'une assistance à l'intelligence humaine. Elle démultiplie la part intelligente de la pensée consciente de l'homme comme une machine démultiplie ses capacités physiques. Elle n'est aucunement consciente, le substrat de silicium (ou autres composants inertes, optronique, …) au sein duquel se développent les algorithmes intelligents étant à ce jour incapable d'engendrer la conscience. Il y a à la fois une différence de puissance (millier de milliards de connexions synaptiques dans un cerveau humain) et une différence de structure. L'arrivée proche des calculateurs quantiques permet d'espérer combler la question de la puissance de calcul. Pour le reste, on est encore dans le brouillard quant au fonctionnement exact de la pensée.

~

Espaces à n dimensions, mondes parallèles

La science-fiction puis la science tout court ont imaginé à la fois un espace dérivé du nôtre (espace euclidien à trois dimensions x, y, z) et des mondes parallèles avec autant ou plus de dimensions que le nôtre. Parmi les questions qui se poseraient si de telles hypothèses se confirmaient : comment décrire des choses avec plus de dimensions que celles que nous manipulons chaque jour, ou encore peut-il y avoir des passages d'un monde à un autre, cela pourrait-il expliquer le phénomène d'intrication, quelles conséquences seraien à prévoir sur notre comportement conscient ?

D'une dimension à l'autre : on va voir sur trois exemples ce qu'implique un changement du nombre de dimensions de l'univers dans lequel on vit.

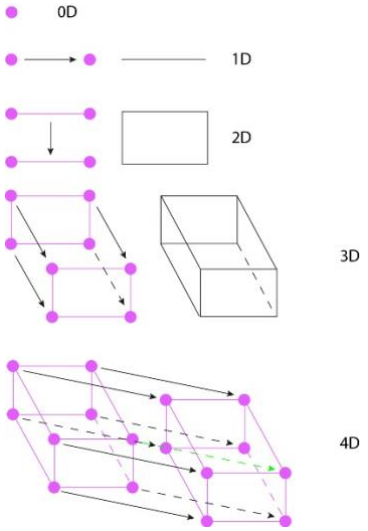


Illustration : passage d'un univers 0D à un univers 4D par étirement / du point 0D on passe à la ligne 1D, d'une ligne 1D à un plan 2D / en étirant le plan on passe à un monde 3D, un volume (pour l'homme, l'espace xyz est

reconstitué par le cerveau à partir d'une succession d'images imprimées en 2D sur la rétine, et vus dans une perspective euclidienne) / le cerveau fonctionne alors un peu à la manière d'une lanterne magique ou d'un cinématographe qui reconstituent tous deux le mouvement / enfin, la figure montre comment à partir d'un volume 3D, et toujours par étirement, on peut créer un univers 4D. Le temps est alors réduit au rôle de variable permettant de reconstituer la réalité complète à partir d'un jeu de cartes associées à des visons partielles dans des dimensions réduites, cette manière de voir pouvant alors s'appliquer au processus de la pensée consciente.

Question test : cela veut-il dire que pour un être vivant dans l'univers 4D tout serait déjà figé, passé, présent et avenir ?

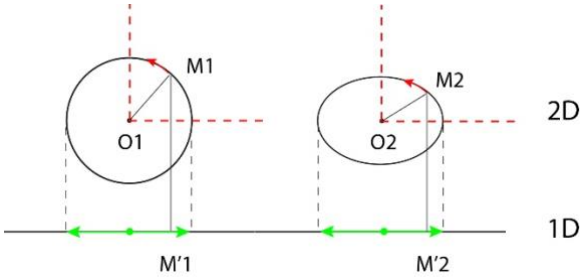
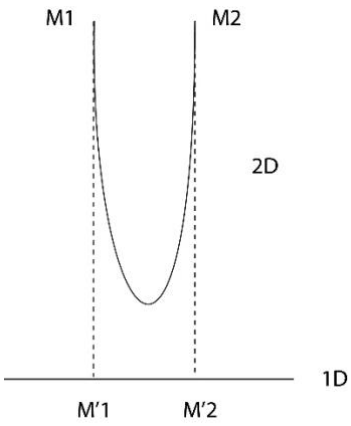


Figure ci-dessus : un observateur vivant dans un monde 1D ne perçoit qu'une partie de la réalité du monde 2D. Elle peut être trompeuse. Ainsi un observateur vivant dans le monde à une dimension de la droite O1O2 verrait deux segments identiques alors que dans le monde réel 2D il y a deux objets différents un cercle et une ellipse. Par contre si maintenant nous considérons le mouvement d'un mobile M1 sur le cercle et d'un mobile M2 sur l'ellipse, les dynamiques des points M'1 et M'2 seront différentes ($R.\cos(\theta)$ et $\varrho(\theta).\cos(\theta)$ où $\theta=\omega t$ est l'angle entre O1M1 ou O2M2 et l'horizontale / pour une étude rigoureuse bien évidemment l'angle θ à considérer dans le cas de l'ellipse est celui entre F1M2 et F1F2, F1 et F2 étant els deux foyers de la conique). Sans avoir au départ une idée quelconque de ce que peuvent être les choses cercles et ellipse puisqu'elles n'existent pas dans son monde, il pourra donc les imaginer, les caractériser même si ce sont des objets de dimension supérieure.

Autre exemple : une personne vivant dans un monde 1D euclidien pourrait percevoir comme proches des choses M1 et M2 qui dans la réalité complète d'un monde 2D non euclidien peuvent être éloignées.

En ce cas les deux choses seraient trop éloignées pour qu'une interaction puisse les coupler dans le monde 2D mais pas dans le monde 1D. Dans le cas de notre monde, c'est plutôt la situation inverse qu'il faudrait mettre en évidence notre monde 3D euclidien inclus dans un autre monde 4D qui ne le serait pas forcément. Du temps de N. Bohr et A. Einstein, la discussion au sujet de l'intrication quantique concernait l'existence ou non d'une variable cachée. Comme une variable indépendante peut être associée à une dimension, cela reviendrait aussi à parler de dimension cachée, celle qui pourrait compléter notre connaissance du réel.



Il y a sans doute beaucoup à attendre des développements théoriques à venir en cours concernant la géométrie non commutative ou encore les espaces fibrés (ruban de Moebius, bouteille de Klein, voir autres items) dans lesquels on envisage les possibilités de projection d'un espace sur un autre, le passage d'un espace à m dimensions à un autre en possédant n. Pour l'instant la plupart des hypothèses émises relèvent de simples conjectures ou supputations.

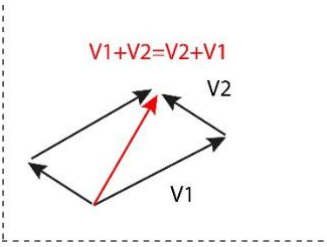


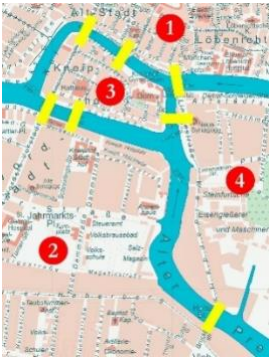
Illustration : en géométrie non commutative ($x+y \neq y+x$), il n'y a plus de notion de point et par conséquent pas de possibilité de préciser la position d'une particule. La construction dite du parallélogramme concernant deux vecteurs V1 et V2 ne serait plus valable.

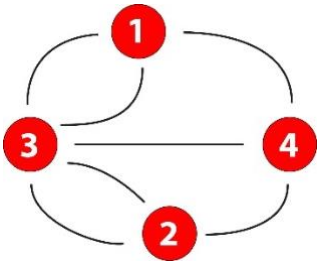
La capacité du cerveau humain à jongler avec les abstractions, l'organisation hiérarchique cérébrale en cartes de niveau de plus en plus abstraits, encourage à penser que nous pourrions un jour intégrer la réalité complète d'un monde avec une dimension supplémentaire dans notre conscience. Le principe d'harmonie et l'interaction fondamentale entre brins s'appplique à tous les mondes, toutes les dimensions, l'attribut information_conscience des brins étant sans doute l'unificateur, le

passeur entre dimensions ou mondes parallèles.

~

graphes





illustrations : le problème des 7 ponts de Koenigsberg (ville russe de Kaliningrad au nord de la Pologne) : est-il possible de visiter toute la ville (quartiers 1 à 4) en ne passant qu'une seule fois par chacun des ponts (retour au point de départ) ? Il s'agit d'une des questions qui ont donné naissance à la théorie des graphes. A graph is made up of points (nodes, vertices) which arer connected by lines (edges, links). Le graphe associé à notre probème est constitué de quatre sommets (vertices, nodes) correspondants aux quatre quartiers de la ville et reliés par sept bords (edges, sides) représentant eux les sept ponts de la ville. L. Euler a expliqué que c'était impossible. A necessary condition for the possibility of such a walk is that the associated graph have zero or two nodes of odd degree, degré impair. It's not the case. Sans avoir l'intelligence exceptionelle de ce mathématicien, on pourrait retrouver l'explication à partir de simples smulations numériques.

Structuration des réseaux de communication : on a vu avec l'exemple des méduses comment dans la Nature, les réseaux de circulation d'information se sont petit à petit complexifiés, avec des organisations

locales de distribution et transmission d'information faisant une synthèse au niveau de nœuds et ensuite expédiée_signalée au niveau de hiérarchie supérieur (on peut considérer que chaque bras a un nœud qui exédie un signal vers la bouche). On retrouve de telles hiérarchies dans les réseaux inventés par l'homme.

Environ 300 milliards de mails sont envoyés et reçus chaque jour dans le monde. Un processus de routage_routing permet d'acheminer les informations d'un point_noeud à un ou plusieurs autres. Cela concerne l'internet bien sûr mais aussi d'autres réseaux, calcul (computer networks), transport, téléphonie (public switched telephone networks), les neural networks. Les connexions de nœud à nœud forment un graphe. Les problématiques de plus court chemin, moindre coût, moindre impact pour l'environnement peuvent alors être résolus par la théorie des graphes.

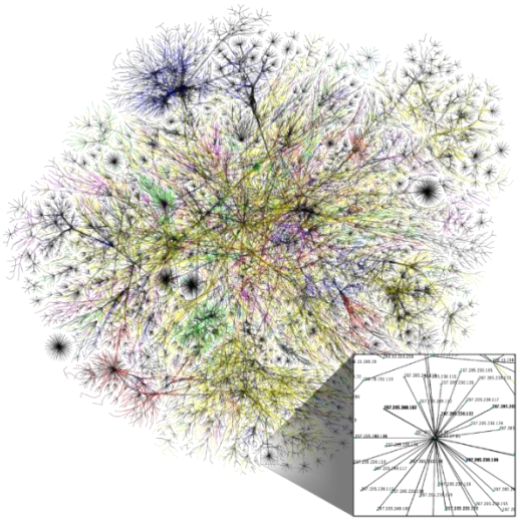


Illustration: visualization of internet routing paths / by the Opte Project, wikipedia commons.

Dans le cas des neural networks, les graphes sont orientés (l'influx nerveux n'étant transmis par les neurones que dans un sens le long des axones).

Si les réseaux d'information construits par l'homme ont été préconçus, cela n'est pas le cas de la Nature qui les a bâtis de manière empirique, empilant sans cesse des soclutions retenues par les lois de l'évolution. Une hiérarchisation s'est mise en place, avec des nœuds et centres de communication (des ganglions et un cerveau dans le cas des choses vivantes). Le résultat de l'interconnexion de tout ce qui vibre dans la cellule unique d'un microorganisme unicellulaire donne l'intelligence_conscience de cette petite chose vivante (petite mais déjà incroyablement complexe sur le plan du métabolisme). Déjà la notion de nœud de conscience doit être prise en considération.

Dans le cas d'internet, les paquets de datas qui circulent sur le net (tels que des mails) sont aiguillés de proche en proche par des routeurs. Les routeurs forment eux-mêmes un réseau. Quand l'un d'eux tombe en panne, un nouveau trajet peut prendre le relais, ce qui accroit les chances de maintenir en fonctionnement le système global.

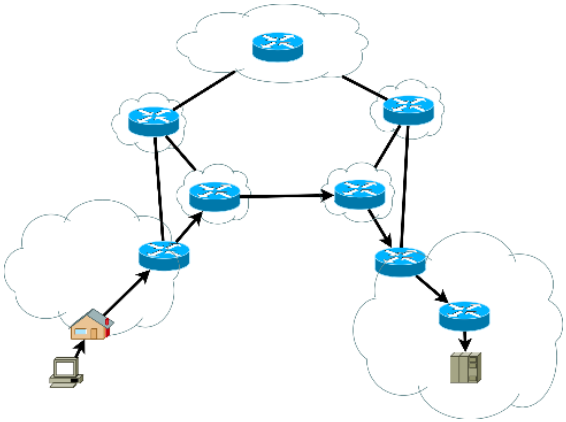


Illustration : transit du trafic IP (Internet Protocol) entre un seveur et un ordinateur dans une structure internet ; par Mro, travail personnel, commons wikimedia.

Extraits de l'article Wikipedia consacré à internet : … Internet est constitué d'une multitude de réseaux (universités, centres de recherche, grands organismes, chacun identifié par un AS, Autonomous System), interconnectés et répartis sur la planète. Ces réseaux communiquent

entre eux (échange d'information) par des nœuds d'échange (peering points).

Les routeurs chargés du trafic entre les AS disposent généralement d'une table de routage de plus de 440 000 routes en 2013 /ils transmettent le trafic à un routeur voisin et plus proche de la destination après consultation de leur table de routage.

Des chercheurs israéliens ont déclaré, après avoir analysé les nœuds reliant l'ensemble des sites, qu'internet est un **réseau méduse**. Ils la définissent comme ayant un cœur dense connecté à une multitude d'autres sites, qui ne sont reliés entre eux que par ce cœur, semblable à un maillage à structure fractale. Cette zone permet à 70 % du réseau de rester connecté sans passer par le cœur. Les chercheurs indiquent donc cette zone comme piste pour désengorger le trafic, en répartissant mieux les sites de cette zone.

Utilisation de graphes : La circulation de l'information au sein d'une chose vivante, élémentaire (macromolécule ARN_ADN) ou complexe (animaux supérieur) contribue à la bonne marche de toutes ses fonctionnalités (métabolisme). Si l'on veut modéliser les choses vivantes par des graphes alors ils doivent tenir compte de la vitesse de circulation de l'information, ainsi que des effets mémoire propres à la vie (plasticité, hystérésis, souvenir qu'à l'organisme d'avoir été sollicité précédemment de telle ou telle manière). Cela signifie que dans l'établissement du chemin_path emprunté par le flux vital (en particulier l'influx nerveux), on doit tenir compte du fait que chaque nœud concerné a pu être déjà traversé par l'influx.

Un graphe G (V, E) est caractérisé par des sommets_vertices_noeuds vi et des liens_arêtes_côtés_edges Ei. Il peut ou non être orienté (dans un graphe orienté un lien peut connecter vi → vj mais pas vi → vj). Les liens peuvent avoir des poids (c'est le cas d'un graphe représentant la séquence des opérations nécessaires pour construire un building / le temps mis pour faire les fondations n'est pas le même que celui nécessaire pour poser la toiture / quand on cherche le plus court chemin pour aller d'une ville à une autre en passant par des villages, les distances d'un village à un autre village sont diffférentes).

Matrice d'adjacence (ou de connectivité) : cette matrice E rassemble dans un tableau les poids des arêtes. Voici quelques exemples :

$$E = \begin{matrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 1 & 0 & 0 \end{matrix}$$

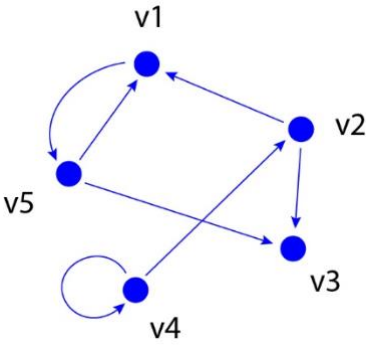
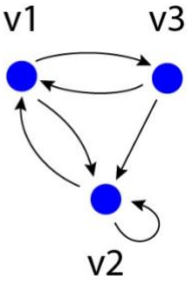


Illustration : 1er exemple, graphe orienté et non pondéré. La 4ème ligne indique par exemple les liaisons du nœud v4 (v pour vertice=sommet du graphe) avec les nœuds v1 (0 car pas d'arête_edge id lien de v4 vers v1), v2 (1 car un lien de v4 vers v2), v3 (0 car pas de lien de v4 vers v3), v4 (1 car il y a une boucle partant de v4 et y revenant), v5 (0 car pas de lien vers v5).

~

$$\begin{vmatrix} 0 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 0 \\ 1 & 1 & 0 \end{vmatrix}$$



$$\begin{vmatrix} 0 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 0 \\ 1 & 1 & 0 \end{vmatrix}^2 = \begin{vmatrix} 2 & 2 & 0 \\ 1 & 2 & 1 \\ 1 & 2 & 1 \end{vmatrix}$$

$$\begin{vmatrix} 0 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 0 \\ 1 & 1 & 0 \end{vmatrix}^3 = \begin{vmatrix} 2 & 4 & 2 \\ 3 & 4 & 1 \\ 3 & 4 & 1 \end{vmatrix}$$

$$\begin{vmatrix} 0 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 0 \\ 1 & 1 & 0 \end{vmatrix}^4 = \begin{vmatrix} 6 & 8 & 2 \\ 5 & 8 & 3 \\ 5 & 8 & 3 \end{vmatrix}$$

Illustration : 2ème exemple, calcul du nombre de trajets de longueur **4** dans un graphe orienté. Ce nombre est égal à la trace de M^4 (la trace d'une matrice carrée est la somme des éléments diagonaux, ici 17 (La trace d'une matrice est la somme de ses éléments diagonaux).

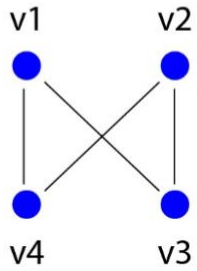
$$\begin{vmatrix} 2 & 3 \\ 0 & -5 \end{vmatrix} \times \begin{vmatrix} -1 & 0 \\ 4 & 1 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 10 & 3 \\ -20 & -5 \end{vmatrix}$$

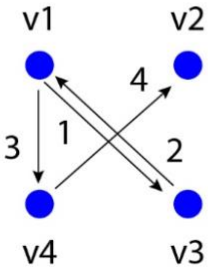
(ligne 2) x (colonne 1) $0 \times (-1) + (-5) \times 4 = -20$

$$\begin{vmatrix} 0&0&1&1 \\ 0&0&1&1 \\ 1&1&0&0 \\ 1&1&0&0 \end{vmatrix}^2 = \begin{vmatrix} 0&0&1&1 \\ 0&0&1&1 \\ 1&1&0&0 \\ 1&1&0&0 \end{vmatrix} \cdot \begin{vmatrix} 0&0&1&1 \\ 0&0&1&1 \\ 1&1&0&0 \\ 1&1&0&0 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 2&2&0&0 \\ 2&2&0&0 \\ 0&0&2&2 \\ 0&0&2&2 \end{vmatrix}$$

$$\begin{vmatrix} 0&0&1&1 \\ 0&0&1&1 \\ 1&1&0&0 \\ 1&1&0&0 \end{vmatrix}^3 = \begin{vmatrix} 0&0&4&4 \\ 0&0&4&4 \\ 4&4&0&0 \\ 4&4&0&0 \end{vmatrix}$$

$$\begin{vmatrix} 0&0&1&1 \\ 0&0&1&1 \\ 1&1&0&0 \\ 1&1&0&0 \end{vmatrix}^4 = \begin{vmatrix} 0&0&1&1 \\ 0&0&1&1 \\ 1&1&0&0 \\ 1&1&0&0 \end{vmatrix} \cdot \begin{vmatrix} 0&0&1&1 \\ 0&0&1&1 \\ 1&1&0&0 \\ 1&1&0&0 \end{vmatrix} \cdot \begin{vmatrix} 0&0&1&1 \\ 0&0&1&1 \\ 1&1&0&0 \\ 1&1&0&0 \end{vmatrix} \cdot \begin{vmatrix} 0&0&1&1 \\ 0&0&1&1 \\ 1&1&0&0 \\ 1&1&0&0 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 8&8&0&0 \\ 8&8&0&0 \\ 0&0&8&8 \\ 0&0&8&8 \end{vmatrix}$$





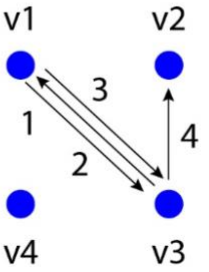
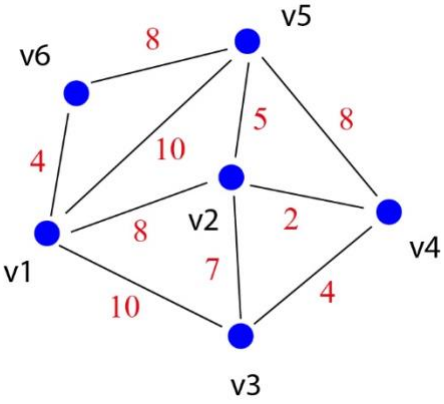


Illustration : 3ème exemple, graphe non orienté, calcul du nombre de chemins de longueur 4 entre deux sommets (from Eric Sigward, 2002, introduction à la théorie des graphes) : produit ligne x colonne de deux matrices / matrice adjacente d'un graphe non orienté (les connexions_edge_arêtes sont ici bidirectionnelles) / les matrices M^n s'obtiennent par récurrence, avec des termes 2^{n-1} répartis en sous-matrices de 4 disposés de deux manières selon que n est pair ou impair (comparer M^3 et M^4) / $M^4(1,2) = 8$ est le nombre de chemins possibles de longueur 4 entre les sommets v1 et v2 (id permettant d'aller de v1

à v2 en 4 étapes, deux des 8 trajets possibles sont représentés

Recherche du plus court chemin entre deux sommets : si le plus court chemin reliant le sommet de départ s0 à un autre sommet s passe par les sommets s1, s2, …, sk alors, les différentes étapes sont aussi les plus courts chemins reliant s0 aux différents sommets s1, s2, …, sk.

L'algorithme de E. Dijkstra utilise cette propriété : on construit alors de proche en proche le chemin cherché en choisissant à chaque itération de l'algorithme, un sommet si du graphe parmi ceux qui n'ont pas encore été traités, tel que la longueur connue provisoirement du plus court chemin allant de s0 à si soit la plus courte possible. Lors de l'initialisation, on attribue à chaque sommet un poids (0 pour le sommet de départ, infini pour les autres).



	v1	v2	v3	v4	v5	v6
départ	∞	∞	0	∞	∞	∞
v3	10_1	7_1	**1**	**4_1**	∞	∞
v4	10_1	**4_1+2=6_2**		**2**	**4_1**+8=12_2	∞
	6_2+8=14_3				**6_2**+5=**11_3**	∞
v2	10_3 **	**3**			**11_3**	∞
					10_3+10	10_3 +4=14
v5	**4**				**11_4**	14

Illustration : algorithme de E. Dijkstra, 1er exemple (source : jhttps://www.maths-cours.fr/methode/algorithme-de-dijkstra-etape-par-etape) :

Le plus court chemin menant de v3 à v5 prend 11 minutes (4mn de v3 à v4, +2mn de v4 à v2 + 5mn de v2 à v5)

Dès qu'un nœud du parcours recherché a été retenu, on grise les cellules

situées en-dessous dans le tableau (colonnes grisées 1).

À partir de v3, on peut joindre v1, v2 et v4 en respectivement 10, 7 et 4 minutes (mais on ne peut pas joindre v5 et v6 donc on marque ∞) / on choisit le nœud v4 (plus court trajet) / on grise les colonnes en-dessous (colonnes 2)

À partir du noeud v4, dans les nœuds joignables de la ligne 3, il ne reste que v2 et v5 joignables en 2 et 8 mn / on choisit donc le nœud v2 (plus court trajet) / on grise les colonnes 3

À partir du noeud v2, dans les nœuds joignables de la ligne 3, il ne reste dans le tableau que v1 et v5 joignables en 8 et 5 mn

****** quand la durée d'un trajet est supérieure à la durée figurant sur la ligne précédente, on reconduit cette dernière

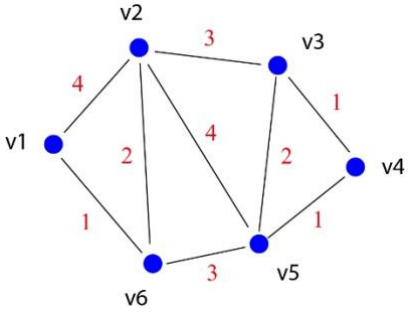
Entre $10_{étape3}$ ** colonne v1 et $11étape_3$ colonne v5, on sélectionne le noeud v1 et on grise alors les cases en-dessous (colonnes 4).

M. Hasse algorithm: we define two operations addition ⊕ and multiplication ⊗ different from the usual operations in $\mathbb{R}$: c⊕d=min(c,d) and c⊗d=c+d where + is addition in $\mathbb{R}$ (reals). For row-by-column N matrix multiplication in $\mathbb{R}$: P= A.B (pij, aij, bij), pij=ai1.b1j+ai2.b2j+ai3.b3j+ … +aiN.bNj.

Here: pij= pij=(ai1⊗b1j) ⊕ (ai2⊗b2j) ⊕ (ai3⊗b3j)⊕ … ⊕ (aiN⊗bNj)

Matrice E :

0	4	∞	∞	∞	1
4	0	3	∞	4	2
∞	3	0	1	2	∞
∞	∞	1	0	1	∞
∞	4	2	1	0	3
1	2	∞	∞	3	0



On construit successivement et en appliquant la règle de calcul de pij

précédente les tableaux E^2= E.E puis E^3=E.E.E puis E^4, E^5, … jusqu'à ce que la matrice E^n ne change plus. On peut alors déduire de ce dernier tableau les chemins min pour aller d'un nœud i à un nœud j.

Calculons par exemple $e^2(5,4)$, élément de la matrice $E^2(i,j)$:
5ème ligne de E : ∞, 4, 2, 1, 0, 3 / 4ème colonne de E : ∞, ∞, 1, 0, 1, ∞
$\infty \otimes \infty \oplus 4 \otimes \infty \oplus 2 \otimes 1 \oplus 1 \otimes 0 \oplus 0 \otimes 1 \oplus 3 \otimes \infty$
Ou encore : $\infty \oplus \infty \oplus 3 \oplus 1 \oplus 1 \oplus \infty = 1$

La programmation Scilab est très simple (ici calcul de E^2)

```
// graphes_algorithme de Hasse
N=6
A=[0 4 10000 10000 10000 1;4 0 3 10000 4 2; 10000 3 0 1 2 10000; 10000
10000 1 0 1 10000; 10000 4 2 1 0 3; 1 2 10000 10000 3 0]; B=A
P=zeros(N,N)
disp('P= ', P)
      for i=1:N
         for j=1:N
            W=1000000
             for k=1:N
                F= A(i,k)+B(k,j)
                if F<W then W=F; end
             end
         P(i,j)=W
         end
      end
disp('matrice A= ', A)
disp('matrice A*A=  ', P)
```

On obtient pour E^2 et E^3 (matrice de droite)

0	3	7	10000	4	1
3	0	3	4	4	2
7	3	0	1	2	5
10000	4	1	0	1	4
4	4	2	1	0	3
1	2	5	4	3	0

0	3	6	5	4	1
3	0	3	4	4	2
6	3	0	1	2	5
5	4	1	0	1	4
4	4	2	1	0	3
1	2	5	4	3	0

Ensuite, E^4=E^3, … si bien que E^3 est la matrice des moindres chemins

ou coûts

Degré de connectivité d'un graphe : on peut le caractériser par $\Sigma\, d_{min}(i,j)$ étendu à tout le graphe (autrement dit on fait la somme de tous les plus courts chemins). La connectivité max d'un graphe correspond au cas où tous les sommets sont interconnectés et avec des poids identiques pour toutes les arêtes_liens_edges. Dans l'exemple présent, $\Sigma\, e^3(i,j) = 95$. Pour un hexagone entièrement connecté ci-dessus, avec des poids 1 pour toutes les arêtes, on aurait $\Sigma\, d_{min}(i,j) = 36$.

~

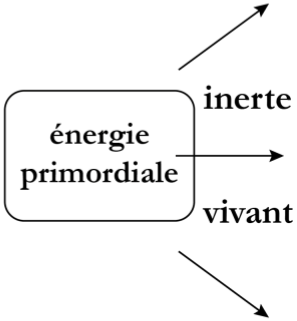
observations

formes, dimensions, angles
position, vitesse, accélération
poids, pression
couleur, température
électricité
atome, noyau, particules
micororganismes
étoiles, planètes

mesure

règles, compas, ...
horloges, chronomètres
balances, baromètres
thermomètres
ampéremètres, voltmètres
mesure de champs EM
microscopes
télescopes

nature du milieu primordial ?
un ou plusieurs univers ?
(parallèles , cycles, bang unique)
apparition du temps ?
interaction fondamentale ?
(entre brins de matière_énergie)
modèle MS à compléter
(découverte d'autres particules)



modélisation

symétries (Curie, Noether, ...)
conservation de l'énergie
entropie, moindre action
Lagrangien, Hamiltonien
équations de propagation
(cordes vibrantes, ondes EM)
(d'Alembert, Maxwell, Schrodinger)
analyse vibratoire (Fourier)
écoulement fluides (Navier-Stokes)
mécanique quantique
Modèle Standard

outils

analytiques

signes, écriture
arithmétique, géométrie
algèbres, scalaires, vecteurs
champ, potentiel, flux
équations différentielles

numériques

informatique
algorithmes de calcul
intelligence artificielle

interactions:
nucléaire faible
nucléaire forte
électromagnétique
gravitation

deux tendances antagonistes dans l'univers
rapprochement (harmonie),
éloignement (entropie)

édifices
particules élémentaires
fermions, leptons, bosons
atomes, molécules
étoiles, planètes, astéroides, galaxies
macromolécules,
acides aminés, protéines
cellules vivantes
pluricellulaires
céphalisation
homme

équilibre du Bien et du Mal

voie lactée

grand attracteur

nature exacte des attracteurs de galaxies ?
distribution ?
fin des temps ?

identification du couplage responsable de la conscience ?
lois de l'intelligence ?

vivant
surhomme
nouvelles espèces ?
disparition sociétés ?
entité unique ?
fin des sociétés ?
démiurge
ouverture d'un nouvel univers ?

inerte
automates
régulateurs
calculateurs
robots
intelligence artificielle
humanoides

hybrides

À propos de la morphologie des êtres vivants

Dans l'ouvrage On growth and form, 1915, D'Arcy Wentworth Thompson avait remis en cause la sélection naturelle comme seule explication de l'apparition de nouvelles espèces avec des formes ou symétries particulières. Sans rejeter l'idée d'un flux vital, invisible et poussant en permanence l'être vivant à se développer toujours plus (théorie vitaliste), il insistait sur le rôle des contraintes physiques. Les exemples précédents illustrent bien cette réalité.

Facteurs physicochimiques et mécanisme de reproduction : on sait qu'en physique, dans une transformation dynamique, à une symétrie donnée correspond une grandeur qui se conserve. La vie étant elle-même une transformation dynamique, on peut penser que la conservation d'une grandeur donnée dans la transformation du vivant va alors forcément conduire à des symétries dans les formes biologiques. Plus globalement, cela signifie que la forme d'un être vivant va résulter d'une part de considérations d'ordre physicochimique (champs d'interaction, équilibres physicochimiques, principes d'économie, moindre action, optimisation de l'énergie disponible, …) et d'autre part du mécanisme impossible à stopper, systématique, de la reproduction cellulaire (un héritage de l'autocatalyse responsable de la réplication de l'ARN_ADN).

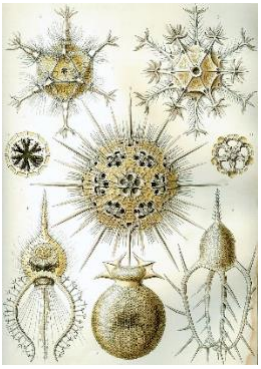


Illustration : Ernst Haeckel, 1904, formes polyédriques de radiolaria découvertes par l'expédition du Challenger.

Les structures cellulaires ont une tendance naturelle à la multiplication (dès lors qu'elles reçoivent l'énergie ou les intrants nécessaires. Mais une fois différenciés, les divers tissus cellulaires n'ont pas, dans un contexte

donné, la même cinétique de croissance (les structures osseuse ou cartilagineuse, carapace de chitine, tissus mous, ne croissent pas à la même vitesse). Il en résulte que le contenant doit s'adapter au contenu. C'est le cas du cerveau qui va devoir se plisser quand l'activité cérébrale de plus en plus importante pousse à l'émergence de plus de matière grise. Un autre exemple est celui des poumons qui sont limités en volume par la taille de la cage thoracique.

Une cellule vivante se divise (reproduction) pour deux raisons principales, d'une part en raison de la croissance incessante, ininterrompue (flux vital), et d'autre part parce que les contraintes physiques deviennent insupportables (la membrane cellulaire et le cytosquelette n'arrivent plus à stabiliser la pression grandissante exercée par le cytoplasme et le matériel cellulaire devenus trop gros_volumineux. Le second facteur est bien évidemment une conséquence du premier.

Voici quelques exemples bien connus d'optimisation contenu_contenant, id surface_volume : la croissance du crâne_contenant_enveloppe osseuse ne suffit pas à accueillir celle du cerveau_contenu_matière cérébrale. La création de plis permet alors d'optimiser alors la surface du cortex (matière grise) par rapport au volume global du cerveau (matière blanche et structures cérébrales). L'animal qui dispose d'un cortex plus important dispose de fonctions cognitives qui lui donnent un avantage sélectif. Le facteur externe ou contrainte physique est le volume limité du crâne. Le facteur interne est la tendance inextinguible à la reproduction cellulaire avec la tendance à l'auto-organisation (flux vital). La sélection naturelle a pour effet de favoriser l'animal qui a les plus grandes capacités cognitives. Autres exemples : une noix / les poumons qui optimisent les échanges gazeux lors de la respiration (on admet implicitement que la capacité du crâne ou de la cage thoracique à s'accroître en volume est moins grande que la capacité de reproduction-restructuration du contenant en bronches, bronchioles, alvéoles pulmonaires / l'intestin grêle qui optimise l'absorption intestinale : sa surface apparente est d'environ 0,5m^2, à comparer à la surface interne voisine de 300 m2 quand on suit les villosités au niveau desquelles a lieu l'absorption intestinale.

Toutes les formes seraient fractales dans la Nature, est-ce vrai ? : c'est

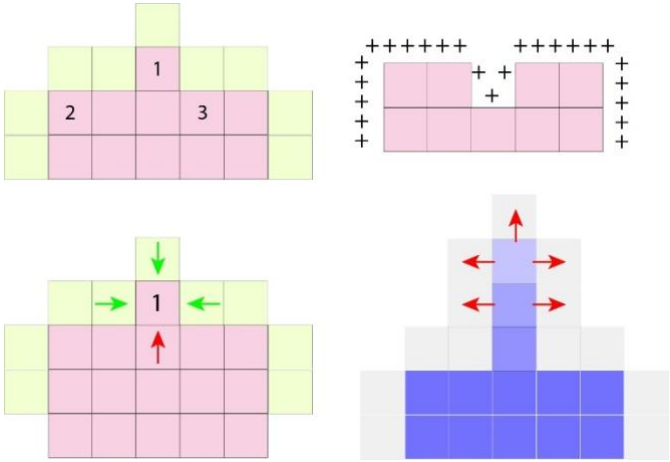
ce que laisseraient entendre de nombreux articles de vulgarisation. De même que le nombre d'or n'est pas un canon esthétique universel (selon les espèces et le champ visuel, tel ou tel rapport rectangulaire est perçu comme meilleur / quel serait alors le nombre d'or pour un chat ?), les formes dans la Nature ne sont pas toutes fractales, du moins dans la signification mathématique de ce mot (il implique des subdivisions infinies). Flocon de neige, flocon de Koch, embranchements avec répétition d'un même motif, il est tentant de faire l'analogie. Mais même si certains flocons de neige suggèrent en début de processus un développement fractal, en réalité, le processus de ramification homothétique (reproduction avec changement d'échelle) ne se poursuit pas indéfiniment. Les théories mathématiques sont belles et attirantes mais beaucoup d'entre elles ne cadrent que partiellement avec la réalité physique de notre monde.

C'est plutôt du côté du point de vue dit constructal qu'il faut regarder. Le principe constructal est un principe d'optimisation de l'écoulement des flux (fluides, masse, chaleur, …). Les équations permettant de modéliser la Nature sont des équations généralisées de flux incorporant la conservation de l'énergie_matière, le principe de moindre action, le principe d'entropie. Le principe constructal est lié à ces derniers concepts.

Illustration : flocon de neige naturel, 4 à 5 mm de diamètre / de -10 à -12°C, le flocon présente 6 branches / Alexey Kljatov, travail personnel, CC commons Wikimedia.

Croissance aux interfaces (inerte et vivant) : le cas des flocons de neige est un exemple bien connu de croissance de cristaux inertes. En dépit de leurs formes finales diverses, les cristaux de neige croissent tous de la même manière en obéissant au même principe physique, à savoir faciliter au mieux l'écoulement du flux d'énergie. Dans le cas de la formation des cristaux de neige, il s'agit de l'écoulement de la chaleur de la vapeur d'eau (qui va se transformer en glace vers le milieu froid responsable, l'atmosphère). La source de chaleur est le germe_flocon qui

envoie_irradie de l'énergie_chaleur vers l'air ambiant. La forme en aiguilles id dendritique du cristal de glace facilite_optimise_accélère_répartit l'écoulement de la chaleur du flocon vers l'extérieur (optimisation du rapport surface_volume). Lorsque l'air environnant devient plus chaud que l'extrémité des aiguilles du flocon, alors le processus de ramification s'arrête. Cela peut expliquer que plus la température extérieure est froide et plus le niveau de ramification est important. On obtient des flocons finement ciselés.



Illustrations : quelques effets de répartition ou flux d'énergie, simulation sur une grille. Cette méthode très simple peut permettre de mettre en évidence des écoulements de flux (on aurait pu choisir des méthodes plus efficaces, éléments finis ou encore topologie, théorie des graphes mais le formalisme est complexe).

Croissance d'une chose vivante (en rose) plongée dans un milieu nutritif (en vert). L'interface comprend 3 côtés pour la case1, 2 pour la case 3 et 1 seul pour la case 3. Le flux de nutriment favorise la situation 1 / la répartition des charges électriques à la surface d'un conducteur chargé est plus faible dans une concavité. Elle serait à l'inverse plus forte sur une excroissance (pouvoir des pointes, paratonnerre, répartition du flux électrique lors d'une décharge, éclair) / un cristal de neige se forme par refroidissement d'une goutelette d'eau (en bleu). La chaleur de la goutelette s'évacue dans l'air ambiant plus froid (en gris, équation de la chaleur, flux du chaud vers le froid). Une morphologie de pointe (aiguille, dendrite) permet une évacuation plus efficace de la chaleur. Si la température de l'air au bout de l'aiguille se réchauffe assez pour atteindre celle

de l'eau, alors le processus de solidification s'arrête. Cela dépend évidemment de la vitesse de diffusion dans l'air, en particulier du vent).

Le schéma en bas à gauche met en évidence le flux de nutriments (extérieur → intérieur en vert et le flux vital intérieur → extérieur en rouge. Ce dernier résulte de la reproduction des molécules de la vie (activité des ribosomes, chloroplastes, …). La qualité de la circulation de l'information est un paramètre à prendre en compte dans l'efficacité du processus de croissance.

L'entrée de nutriments dans la case 1 (échanges à travers la membrane cellulaire) s'accompagne d'un apauvrissment local en nutriments dans les cases fléchées en vert. Selon la vitesse de diffusion dans le milieu extérieur vert, il peut y avoir un maintien ou alors un ralentissement du processus d'échange (cela rejoint la remarque que nous venons de faire à propos du flocon de neige).

Dans ce même ordre d'idée, on peut généraliser les simulations au-delà du présent exemple correspondant à une cellule immergée dans un milieu nutritif et considérer la compétition entre deux tissus vivants.

De manière générale, les gradients physicochimiques jouent un rôle essentiel dans le processus de développement des cristaux inertes à partir d'un germe. La croissance se fait de sorte que l'écoulement des flux d'énergie créés par ces gradients soit optimal. Cela est à rapprocher du principe de moindre action.

Dans le cas des choses vivantes, la croissance d'un être vivant répond à une optimisation de l'utilisation et de l'écoulement du flux d'énergie et de vie de la même manière que la croissance d'un flocon de neige répond à une optimisation de l'écoulement de flux de chaleur.

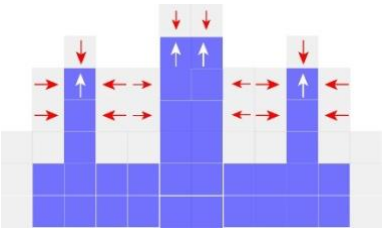


Illustration : ce schéma montre ce qui se passe dans le cas où l'on a une source de flux imposé, cas d'un fleuve par exemple qui va créer des affluents de largeurs diverses selon la résistance du terrain, sa nature géologique. La

dénivellation (terme de pesanteur mgh) pousse l'eau à se diriger vers le niveau le plus bas, à terme, la mer. Si l'on néglige les infiltrations dans le sol et d'autres phénomènes propres aux écoulements hydrauliques, le flux, pour sa plus grande part doit se conserver.

Dans le cas des plantes, l'afflux de sève doit aussi se répartir mais il n'y a plus le problème de terrain. La seule règle est la conservation du flux. Les embranchements vont donc avoir tendance à se diviser par deux (voir items sur les nombres et sur la topologie fractale). Il y a à la fois au niveau des branches un phénomène subi (le flux de sève) et un phénomène d'auto-construction, auto-organisation.

~

Les exemples de déformation à l'interface de deux milieux sont très nombreux dans la Nature, chez les choses inertes comme vivantes, le phénomène de tension superficielle ayant pour effet de s'opposer aux excroissances (convexités ou concavités), de lisser en quelques sorte l'interface.

Tension de surface : on appelle tension de surface la force qui pousse un liquide à adapter une forme telle que la surface de contact avec l'air ambiant soit minimale.

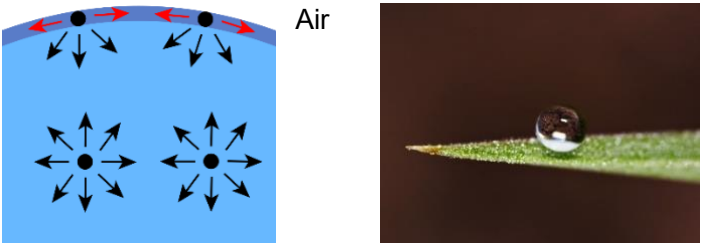
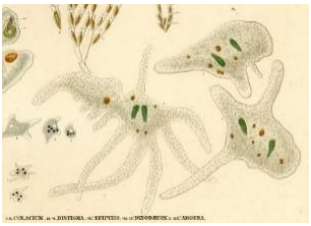
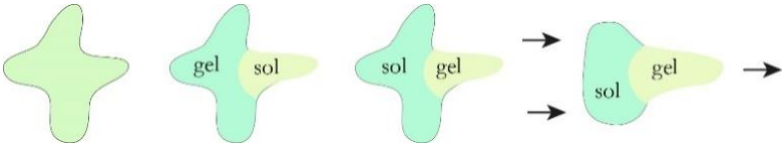


Illustration: cohesives forces on molecules of water, by Booyabazooka / at air-water interface, surface tension results fromm the greater attraction of water molecules to each other. At liquid–air interfaces, surface tension results from the greater attraction of liquid molecules to each other than to the molecules in the air / water on a leaf, by Michael Apel, own work, public domain, commons Wikimedia.

Pseudopodes : une déformation locale de la membrane plasmique permet aux cellules eucaryotes (sans noyau) d'accroître les chances de pouvoir se nourrir. Un être vivant ; par exemple amibe, peut ainsi enserrer des proies à proximité, ou encore de se déplacer dans le milieu environnant en rampant sur un support rigide et dans une direction donnée. La sélection naturelle a retenu ce mécanisme né au départ du hasard car il accroit les chances de développement et de survie. Il s'est progressivement construit et mémorisé, devenant une part du comportement élémentaire de ces êtres unicellulaires. Parmi les autres mouvements inventés pour conférer une mobilité aux microorganismes, on peut citer le mécanisme de rotation des flagelles.



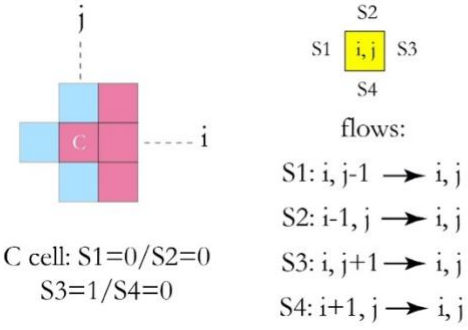


Illustration, excroissance et pseudopodes : gravure d'infusoire par C. G. Ehrenberg, Die Infusionthierchen, 1830, domaine public commons wikimedia / comment un être primitif peut arriver à se déplacer en rampant : le cytoplasme peut être dans un état liquide (colloidal) ou dans un état semi-solide (gel) pour lequel les déformations sont moins libres (la propriété essentielle d'un liquide étant de pouvoir d'adapter à son contenant). On trouve dans les cellules eucaryotes des filaments d'actine comme dans les tissus musculaires des animaux. La cellule est capable d'assembler ou désassembler des amas de ces filaments. Cela a pour effet de rigidifier ou au contraire déstructurer certaines parties de la cellule. En alternant les deux types d'état, on peut créer un mouvement de translation. Plus tard dans l'évolution, les vers ou chenilles reprendront cette idée pour ramper sur le sol en utilisant des anneaux (annélidés).

Osmose, lois de diffusion : voir wikipedia

Exemple de simulation très simple, type jeu de la vie : la croissance d'un être vivant se fait par adjonction_naissance progressive, une par une, d'une cellule carrée sur le contour ou interface entre le milieu nutritif

bleu et l'organisme en cours de croissance en rose. Chaque cellule échange des flux avec les voisines, par les 4 côtés_interfaces. À chaque itération, on identifie la cellule jaune jouxtant le contour et ayant la plus grande probabilité de croissance, concentration de milieux nutritifs dans les cases bleues et d'énergie vitale dans les cases roses. Si la croissance est validée, alors les cases bleues voisines s'appauvrissent automatiquement en nutriments, F(i,j) décroit et les cases roses peuvent aussi connaître une baisse de potentiel d'activité vitale, V(i,j) décroit aussi. Le phénomène de tension de surface peut être pris en compte par le nombre de faces avec le milieu liquide de la cellule prête à accueillir la vie. La diffusion_homogénéisation des nutriments ou le rehaussement du principe vital (capacité de reproduction, pression métabolique) suit l'apparition de la cellule jaune.



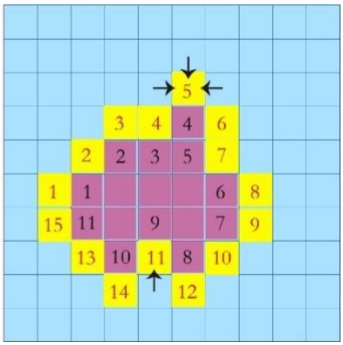


Illustration : simulation de la croissance d'un organisme vivant plongé dans un milieu nutritif liquide (bleu) / S(i,j) =0 si cellule liquide et 1 si cellule déjà intégrée à l'organisme / vecteurs interfaces S1(i, j) (side) West, S2(i, j) North, S3(i, j) East, S4(i, j) South, Si=0 si interface avec le liquide, Si=1 si interface avec la vie / contour de la chose vivante au départ : cases 1 à 11, B=11, **R** row, **C** column, ex : R(9)=7 et C(9)=5 / N(i, j), (nutrients level), indique la densité de nutriments dans le liquide (cases bleues), valeur normalisée entre 0 et 1 / L(i, j), (life force level), indique le niveau de vitalité, activité du métabolisme, des cases vivantes à l'interface desquelles va se faire la croissance, valeur normalisée entre 0 et 1.

Les cases 1 à 11 définissent le contour_forme de départ de la chose vivante. En début de chaque itération, on procède à un examen systématique de l'environnement immédiat de ces cellules (cases jaunes numérotées en rouge de 1 à 12) pour déterminer quelle est celle qui aura le plus de chances d'être la

nouvelle extension. On part de la case jaune immédiatement à gauche de la case 1 déjà en vie. L'évolution de la forme de l'organisme en croissance peut être suivie grâce aux vecteurs R et C qui contiennent les B indices i et j successifs des cases carrées permettant de reconstituer le contour (B → B +1 à la fin de chaque itération). Longueur L du contour: L=0 / for k=1 : B / i= R(k) ; j=C(k) / if S(i,j)=0, then L=L+1 / end. Sur l'illustration ci-dessus, B= 22 au départ. On pourrait aussi caractériser le contour par la chaine alphanumérique S= {1, 2, 1, 2, 2, 1, 2, 3, 3, 2, 3, 3, 4, 3, 4, 1, 4, 3, 4, 1, 4, 1} qui précise les faces au contact du liquide mais comme dans les autres programmes de simulation présentés, on a volontairement opté pour une présentation très élémentaire accessible aux non-initiés.

À chaque itération, on rajoute donc une case correspondant à la croissance, B=12 puis 13, … / la première case ajoutée fait partie des cases jaunes (toutes doivent au moins avoir un côté_interface avec une case vivante / la case jaune **5** a l'avantage de pouvoir recevoir un flux d'énergie par 3 côtés, par contre elle ne peut espérer recevoir des nutriments que par une seule face. Si c'est effectivement cette case qui est retenue pour la croissance à cette itération, alors la tension de surface sera diminuée puisque la concavité va être résorbée / la case jaune **8** ne peut espérer se construire qu'à partir de l'interface_côté avec la case 4, par contre elle peut recevoir des nutriments par les 3 autres côtés.

Paramètres choisis pour la simulation :

grille carrée **G**xG / **iter** : nombre choisi d'itérations

état S(i,j) d'une **cellule** : **0** pour une case **morte** (**milieu nutritif**) et **1** pour une **case** faisant partie de la chose **vivante** en croissance, i=1 : G

cases extérieures (contour) de la chose vivante : R(i), C(i), i=1 : G

N(i,j) niveau de nutriment dans chaque case liquide

d=0.1 pour mettre au départ 10% des cases liquides au niveau **LE**

(toutes les autres seront au niveau max 1 au départ).

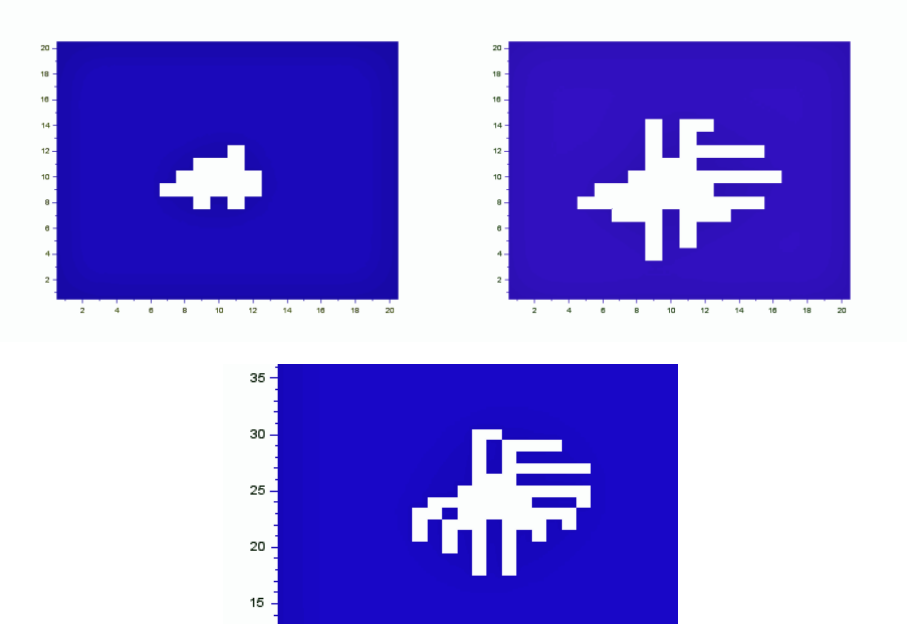
DN et **DL** : apauvrissement en nutriments et affaiblissement de l'activité vitale affectant les cases plus proches voisines de la case qui vient de naître, par exemple : DN=0.3 et DL=0.4

DDN et **DDL** : récupération (recovery) des deux facteurs précédents à chaque itération (diffusion des nutriments réhomogénéisant le liquide nutritif récupération du potentiel métabolique (ou vital) permettant la croissance, par exemple : DDN=0.1 et DDL=0.1

toutes cases concernées

résultats

grille jeu de la vie illustrant la croissance de l'organisme / dynamique : mise en mémoire / organisme de départ et après 35 itérations (sans l'option de suivi avec GR0) / valeurs retenues : G=20 / d=0.1 / LE=0.8 / DN=0.3 / DL=0.4 /DDN=0.1 / DDL=0.1



Mêmes paramètres et après 50 itérations dans une grille 40x40

Listing Scilab

// **life_04Ter.sce**, croissance d'un micro-organisme immergé dans un bain nutritif.
G=20; iter= 1; // taille de grille G (paire), itérations it= 1 à iter
V=zeros(iter) ; // V servira à mémoriser ou non la création d'une nouvelle case vivante, V=1 si oui, sinon V restera à 0 pour l'itération considérée.
GRO=0.8 ; // GRO proba de naissance
S=zeros(G,G) ; // dans un premier temps, toutes les cellules sont mises à 0 S(i,j) pour une case liquide du milieu nutritionnel et S(i,j)=1 pour une case vivante faisant partie du microorganisme

```
DN=0.3; DL=0.4 ; // DN et DL représenteront respectivement l'appauvrissement en nutriments et l'affaiblissement de l'activité vitale affectant les cases plus proches voisines de la case vivante qui vient de naître.
DDN=0.1; DDL=0.1; // DDN et DDL représentent la récupération de ces deux facteurs à chaque itération
// choix d'un micro-organisme de départ: row R, coumn C (colonnes roses sur l'illustration du texte) ; R(1)= 6+G/4 ; C(1)=3+G/4; R(2)=5+G/4 ; C(2)= 4+G/4; R(3)= 5+G/4 ; C(3)= 5+G/4 ; R(4)= 4+G/4 ; C(4)= 6+G/4; R(5)= 5+G/4 ; C(5)= 6+G/4; R(6)= 6+G/4 ; C(6)= 7+G/4 ; R(7)= 7+G/4 ; C(7)= 7+G/4; R(8)= 8+G/4 ; C(8)= 6+G/4; R(9)= 7+G/4 ; C(9)= 5+G/4 ; R(10)= 8+G/4 ; C(10)= 4+G/4; R(11)= 7+G/4 ; C(11)= 3+G/4 ; // mise à 1 des cases vivantes ;
S(6+G/4,3+G/4)=1;S(5+G/4,4+G/4)=1;S(5+G/4,5+G/4)=1;S(4+G/4,6+G/4)=1;S(5+G/4,6+G/4)=1;S(6+G/4,7+G/4)=1;S(7+G/4,7+G/4)=1;S(8+G/4,6+G/4)=1;
S(7+G/4,5+G/4)=1;S(8+G/4,4+G/4)=1;S(7+G/4,3+G/4)=1;
// entrée du potentiel vital L(i,j) des cases vivantes; L=zeros(G,G);
L(6+G/4,3+G/4)=1;L(5+G/4,4+G/4)=1;L(5+G/4,5+G/4)=1;L(4+G/4,6+G/4)=1;L(5+G/4,6+G/4)=1;L(6+G/4,7+G/4)=1;L(7+G/4,7+G/4)=1;L(8+G/4,6+G/4)=1;L(7+G/4,5+G/4)=1;L(8+G/4,4+G/4)=1;L(7+G/4,3+G/4)=1;L(6+G/4,4+G/4)=1; L(6+G/4,5+G/4)=1; L(6+G/4,6+G/4)=1; L(7+G/4,4+G/4)=1; L(7+G/4,6+G/4)=1;
// nutriments au départ, entrée des N(i,j), chaque case liquide est chargée à 1 (niveau maximum)
 for i=1:G
    for j=1:G
       if S(i,j)==0 then N(i,j)=1;end
    end
 end
d=0.1; LE=0.8
// après avoir mis toutes les cases liquides à 1 on met au hasard d% d'entre elles au niveau LE <1.
nb=int(d*G*G);ST=zeros(G,G)
   while sum(ST)<nb
        u=rand(1);u=(G-1)*u; i=1+round(u)
        u=rand(1);u=(G-1)*u; j=1+round(u)
        ST(i,j)=1; N(i,j)=LE;
   end
 disp(N) ; // vérif de la répartition de départ des nutriments
// ---------------
 disp('début des itérations')
```

```
RN=R; CN=C
for it=1:iter
disp('début de boucle:')
disp('RN au départ=', it, RN); disp('CN au départ=', CN)
RN0=RN;CN0=CN
// on met en mémoire le contour en départ de boucle afin de pouvoir l'actualiser en fin de cette même boucle
// disp('RN= ', RN)
// disp('CN= ',C)
// à chaque it la chose vivante va gagner une cellule de plus, aux dépens du liquide nutritif
// FF is used to know if a yellow cell has already been selected
FF=zeros(G,G); RR=zeros(30);CC=zeros(30)
// au premier passage (it=1), on va trouver 15 cases jaunes candidates (voir illustration)
// dont les indices seront rangés dans RR et CC. On a dimensionné RR et CC à 30
// il faudra accroître ce nombre quand le programme sera au point
l=1
// l servira d'indice pour construire les vecteurs RR(l) et CC(l)
for k=1:B+it-1
   // disp('k= ', k)
   u0=RN(k); v0=CN(k);
   // disp('u0=  ',u0); disp('v0=  ',v0);
   // W:
   u=u0;v=v0-1
   // disp('u=  ',u); disp('v=  ',v);
   if S(u,v)==0 &  FF(u,v)==0 then FF(u,v)=1; RR(l)=u; CC(l)=v; l=l+1; end;
   // dès que l'on a identifié une nouvelle cellule jaune, on met de suite en mémoire dans RR et CC
   // N:
   u=u0-1;v=v0
   if S(u,v)==0 &  FF(u,v)==0 then FF(u,v)=1; RR(l)=u; CC(l)=v; l=l+1;end;
   // E:
   u=u0;v=v0+1
   if S(u,v)==0 &  FF(u,v)==0 then FF(u,v)=1; RR(l)=u; CC(l)=v; l=l+1;end;
   // S:
   u=u0+1;v=v0
   if S(u,v)==0 &  FF(u,v)==0 then FF(u,v)=1; RR(l)=u; CC(l)=v; l=l+1;end;
end
lmax=l-1
```

```
// ----------
// sélection de l'unique case jaune retenue dans l'itération en cours:
// on doit évaluer les P(l) avec l= 1 to lmax. N(i,j) nutriments et L(i,j) potentiel vivant.
// les indices des cases l correspondantes sont RR(l) et CC(l)
// on tourne dans le sens des aiguilles d'une montre depuis West
P=zeros (lmax)
for l= 1: lmax
        u0=RR(l);v0=CC(l);
        // W:
        u=u0;v=v0-1
        if S(u,v)==0 then P(l)= N(u,v) else P(l)=L(u,v); end
         // N:
         u=u0-1;v=v0
         if S(u,v)==0 then P(l)= P(l)+N(u,v) else P(l)=P(l)+L(u,v); end
         // E:
         u=u0;v=v0+1
         if S(u,v)==0 then P(l)= P(l)+N(u,v) else P(l)=P(l)+L(u,v); end
         // S:
         u=u0+1;v=v0
         if S(u,v)==0 then P(l)= P(l)+N(u,v) else P(l)=P(l)+L(u,v); end
         // P(l) contient maintenant la probabilité de croissance dûe à la fois à l'apport de nutriments des cases liquides et au flux vital de croissance des cases déjà en vie.
         P(l)=P(l)/4
         // on doit en effet normaliser, les niveaux de nutriments et de flux de vie étant compris entre 0 et 1
 end
disp('P= ', P)
// ---------------
 // maintenant on doit trouver les indices de la case qui a le plus grand P(l):
 M=max(P)
  for i=1:lmax
     if P(i)==M then rang= i; end;
  end
  disp('rang= ', rang)
  disp('RR(rang)= ', RR(rang));  disp('CC(rang)= ', CC(rang));
 // la case rose à rajouter à la chose vivante a pour indices RR(rang) et CC(rang)
 // on fait passer son état à 1:
 S(RR(rang), CC(rang))=1;
//-------------------
```

```
 // régler l'appauvrissement en nutriments et l'affaiblissement en potentiel vital autour de la case sélectionnée:
 // dans ce premier programme très simple, la diminution de nutriments ou d'influx vital ne concerne que les quatres cases premières voisines. N(i,j) nutriments et L(i,j) potentiel vivant.
 // W:
        u0=RR(rang); v0=CC(rang)
        u=u0 ;v=v0-1
        if S(u,v)==0 then N(u,v)=N(u,v)-DN else L(u,v)=L(u,v)-DL; end
         // N:
         u=u0-1;v=v0
          if S(u,v)==0 then N(u,v)=N(u,v)-DN else L(u,v)=L(u,v)-DL; end
          // E:
          u=u0;v=v0+1
           if S(u,v)==0 then N(u,v)=N(u,v)-DN else L(u,v)=L(u,v)-DL; end
          // S:
          u=u0+1;v=v0
           if S(u,v)==0 then N(u,v)=N(u,v)-DN else L(u,v)=L(u,v)-DL; end
 // ------------------------
 // récupération_homogénéisation en nutriments, N(i,j) et restauration du potentiel métabolique L(i,j)
 for i=1:G
    for j=1:G
    if S(i,j)==0 & N(i,j)<1 then N(i,j)=N(i,j)+DDN; end
    if S(i,j)==1 then L(i,j)=L(i,j)+DDL; end
    end
 end
 // mais on doit s'assurer de ne pas dépasser 1, niveau max (utilisé pour le calcul des probabilités P
  for i=1:G
    for j=1:G
    if N(i,j)>1 then N(i,j)=1; end
    if L(i,j)>1 then L(i,j)=1; end
    end
 end
// ----------------------
// actualisation de la forme du micro-organisme
  RN=zeros(B+it); CN=zeros(B+it)
  // au tout début on avait B cases de contour ; A chaque itération on en rajoute une.
```

```
  // pour démarrer l'itération suivante it=2, le contour RN CN devra avoir B+1 cellules, id B+it-1
  // les cellules anciennes du contour RN0 CN0 et la nouvelle cellule identifiée
  // mais attention que l'on est encore avec it=1 dans cette fin de boucle!
  for i=1:B+it-1
     RN(i)=RN0(i); CN(i)=CN0(i);
  end
  // on rajoute la case qui a été sélectionnée
  RN(B+it)=RR(rang); CN(B+it)=CC(rang)
  // le nouvel ensemble de cases roses RN, CN est maintenant prêt pour la nouvelle itération
end
// fin des itérations it=1 :iter
//-------------------------
 //affichage de la grille 2D des états S(i,j). On aura seulement du blanc et du noir puisque les cellules sont soit à zéro soit à 1
     clf();S=100*S;Matplot(S)
     S=S/100
```

~

Simulations de croissance des êtres vivants, quelques spécificités de la vie à prendre en compte : on a vu que les processus physiques d'échange, diffusion peuvent entraîner des effets comparables chez les choses vivantes comme chez les choses inertes (un exemple présenté dans un autre item est celui de la formation des cellules de Bénard). Au tout début, quand les premières structures vivantes se sont formées, globules, micelles, protocellules, les échanges chimiques par diffusion à travers une membrane colloidale, ioniques en particulier, ont joué un rôle essentiel. La principale différence à ce stade était la 1ère propriété de la vie, la capacité de certaines macromolécules biologiques à se répliquer par auto-catalyse. La création d'excroissance, futurs moyens de préhension, protomembres a pu être initiée par de simples questions de différences de flux comme on l'a expliqué et illustré dans l'item précédent. Cependant une 2ème propriété de la vie a très vite joué un rôle, la capacité à se souvenir d'une réaction antérieure. Nous parlons ici du phénomène d'accoutumance, renforcement, plasticité ou hystérésis, des termes employés pour décrire le fait qu'un organisme sera capable répéter préférentiellement une réaction, faire circuler des ions ou des nutriments

selon une voie préférentielle, ou encore de reproduire une modification morphologique temporaire pour la seule raison qu'il en a déjà été le siège (par exemple contraction et dilatation de sous-ensemble du cytoplasme permettant au microorganisme de ramper). Cet effet mémoire fondamental s'est développé suivant des formes de plus en plus sophistiquéesau cours de l'évolution. Il est essentiel au fonctionnement du cerveau (voir items conscience).

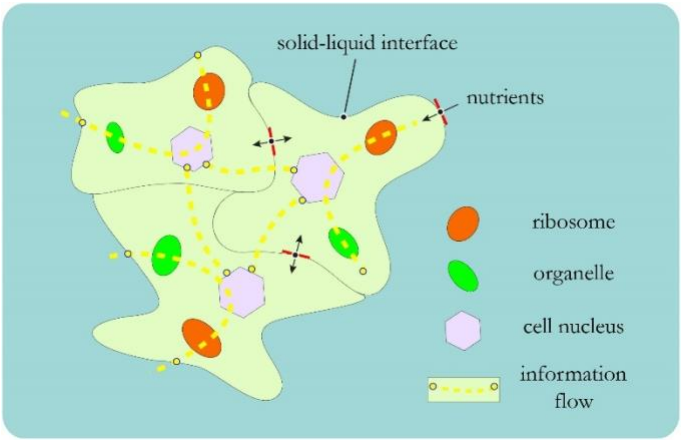


Illustration : la croissance d'une chose vivante doit prendre en compte les phénomènes physiques tels que les échanges ioniques à travers les parois cellulaires, les tensions de surface ou encore les apports d'énergie par photosynthèse au niveau d'organites comme les chloroplastes, les phénomènes chimiques de fabrication de protéines au sein des ribosomes, les phénomènes liés à la réplication de l'ADN et de l'ARN et bien d'autres phénomènes. Tout cela peut être traité comme pour les choses inertes avec des équations ce bilan chimique, des lois de diffusion gérant les flux, des bilans énergétiques, des considérations thermodynamiques, des réactions obéissant aux principes de moindre action ou simplicité.

Mais ce qui est nouveau, c'est la nécessité de prendre en compte un système de communication, des canaux ou chemins empruntés par l'information et desservant la totalité de l'organisme considéré. Cette information peut être transportée de diverses manières, en particulier par des ions tels que le calcium.

Simuler la croissance d'un organisme, aussi simple soit-il, nécessite donc en plus de la prise en compte de flux physiques ou biochimiques

l'introduction de cet effet mémoire. Le comportement d'un microorganisme résulte du fait qu'il y a déjà ce que l'on peut appeller une conscience élémentaire dès lors que de très nombreux brins sont mis en communication et échangent de façon incessante dans un processus complexe qui reste à analyser_découvrir, impliquant une capacité à se souvenir. Ce phénomène pourrait être lié ou ressembler à l'intrication quantique mais il n'est pas exclu que des spécificités particulières doivent être considérées étant donné la quantité énorme des brins concernés. On est bien au-delà du couplage de plusieurs circuits résonnants LC ou encore du nombre relativement limité d'ondes partielles formant un paquet d'ondes associé à une particule.

En pratique, faire une simulation élémentaire comme celle faite dans le cas des choses inertes (jeu de la vie) nécessiterait de considérer des directions privilégiées dans chaque case favorisant tel ou tel flux physicochimique retenu comme favorable par la sélection naturelle. Des activités cellulaires spécifiques pourraient alors être encouragées par le moyen de ce flux d'informations échangées, un flux vital précurseur de l'influx nerveux. Les directions seraient en quelque sorte la mémoire du comportement. Au vu du peu de connaissances dont nous disposons aujourd'hui on peut imaginer une quantité de règles de jeu. La priorité est donc de réfléchir auparavant à la question suivante : quelle grandeur pertinente pourrait-on imaginer pour étudier la conscience. (On a parlé de ce qu'est une grandeur pertinente dans un précédent item).

~

Échanges

Bing.com / create, prompt : owl with glasses, tell me a little more, an amphitheater with students in the background.

Questions-réponses

Vous dénoncez dans Ydunéa le désert spirituel que deviendrait l'Occident, de plus en plus obsédé par la seule satisfaction du plaisir des sens, l'impasse que cela représente. Ce n'est pas nouveau, c'est le thème, entre autres, des nombreuses versions de Faust, des contes populaires allemands jusqu'à l'œuvre de Goethe.

Effectivement, ces œuvres ont toutes pour but de montrer que satisfaire ses seuls besoins physiques ne saurait en aucun cas assurer le bonheur. C'est un peu une évidence dès lors que l'on considère l'activité mentale comme une capacité de l'homme au même titre que les autres. Le Bien-être au-delà le Bonheur nécessitant le bon fonctionnement de chacune de ces capacités, le bien-être mental est nécessaire. Dans la plupart des versions, Faust apparait comme un savant déçu de ne pouvoir accéder à la totalité de la connaissance par la simple science. On voit bien que tous ces textes relèvent de l'imagination littéraire car ils ne prennent en compte que le fait de connaître et non pas le plaisir de découvrir. Celui-ci n'existe que dans la mesure où le savant chercheur a encore des choses à découvrir. Dès lors que l'on saurait tout il n'y en aurait plus de récompense à attendre.

Bing.com / create : Goethe, Faust sells his soul to the devil / déçu de ne pouvoir comprendre entièrement la Nature en dépit de tous ses efforts, par voie de conséquence insatisfait de ce que lui a jusqu'alors apporté la vie, un savant décide de vendre son âme au daible en échange d'une nouvelle vie de volupté. La morale chrétienne est sauve, son âme sera damnée !

Toutes ces oeuvres doivent être replacées dans le contexte d'un temps où l'on n'imaginait pas pouvoir accéder un jour aux immenses connaissances contemporaines. L'Übermensch de Nietzsche était un concept flou, c'est le moins que l'on puisse dire. On sait de nos jours que l'homme (ou une autre espèce consciente) devrait pouvoir arriver à

modéliser un jour l'intégralité des transformations et phénomènes de la Nature, conscience y compris. La question doit donc être posée autrement. Ce qu'il ne comprendra probablement jamais car c'est une fausse question est qu'il n'y a rien à comprendre. Certaines choses sont par essence sans même avoir de cause. C'est seulement l'habitude mentale qui nous pousse à vouloir trouver une cause à chaque effet. Certaines personnes imaginent faussement que nous savons ce qu'est la gravitation. Nous savons seulement modéliser les forces de gravité. C'est d'ailleurs cette confusion qui conduit nombre d'entre eux à imaginer que nous ne pourrions jamais modéliser la pensée consciente.

En dépit de tous les bijoux technologiques dont nous disposons, de toutes les possibilités de distraction ou encore de déplacement, il semble que nous ne soyons pas plus heureux aujourd'hui qu'il y a un siècle. Quelle découverte de la part des pyschologues ! N'importe quel Sage philosophe aurait pu le prédire. Nos aspirations essentielles n'ont pas subitement changé même si par simple cupidité on essaye d'en inventer de nouvelles.

Jouir de la vie ou réfléchir ? Les deux ne sont pas incompatibles. Les mécanismes de la pensée, la façon dont s'activent dans le cerveau les circuits du plaisir et du déplaisir est la même pour tous les sens, pour les pensées induites par celui-ci comme pour les pensées créées par les stimulis des cinq sens primaires. Alors on ne doit plus séparer un bonheur physique et un bonheur mental mais au contraire les réunir.

Si la désertification spirituelle progresse aujorud'hui en Occident chez les jeunes (et les moins jeunes) c'est pour grande part dû à de systèmes éducatifs qui négligent l'enseignement des neurosciences et n'osent par ailleurs plus aborder sérieusement les sujets éthiques et moraux.

~

Comment expliquer le Bien et le Mal ?

Dans le livre de Job (Tanakh, ancien testament, bible hébraique), la cause du Mal est présentée comme impossible à expliquer. Les philosophes ont imaginé toutes sortes d'arguments, eschatologique,

ontologique, ou encore de Bien caché sous le Mal.

Wikipedia / mot-clé théodicée : Selon les philosophes partisans de la théodicée de l'harmonie cachée, le mal que nous constatons ne serait

apparence de mal qu'à nos yeux alors qu'il est en réalité un bien. Selon Hegel la succession des civilisations au cours de l'histoire s'accompagne d'une prise de conscience d'un Esprit qui se rapprocherait peu à peu de Dieu. Ainsi l'homme progresserait vers le savoir absolu. L'argument ontologique, quant à lui, met en avant l'impossibilité de la perfection. D'autres philosophes, encore, pensent que ce que nous appelons Mal serait en fait un Bien (argument de l'harmonie cachée).

Bing.com / create : Tanakh, Satan, the impossibility of explaining Good and Evil, horned devils, goat, Lucifer.

L'impossibilité de la perfection rejoint le théorème d'incomplétude en mathématiques. L'apprentissage du savoir et de la sagesse par l'homme dans une succession de civilisations rejoint l'idée de la sélection naturelle. Essais et erreurs, les civilisations qui se trompent finiraient par disparaître au profit d'autres plus performantes. Quant à l'harmonie cachée, elle rejoint l'idée satanique du mal moteur de l'univers, le Mal créateur de Bien, la nécessité de l'existence du Mal pour que l'homme puisse ressentir le Bien.

Mais faut-il aller si loin ? J'imagine que vous attendez une réponse simple. Que nous montre la vie ? Une tendance à croître toujours plus, se reproduire (selon des automatismes au départ), occuper toujours plus de place dans l'univers en auto-organisant. Quand cette tendance est contrariée, alors arrive ce que nous appelons le Mal. De simple disharmonie chez les êtres primitifs, cet état devient ressenti chez les êtres suffisamment évolués pour lesquels la conscience devient un facteur d'évolution. Les neurosciences s'intéressent aujourd'hui à la caractérisation des états de ressenti de Bien ou Mal par l'identification de circuits de plaisir ou déplaisir. La manière dont les neurones sont activés dans l'un ou l'autre cas dans les ensembles de neurones concernés nous donneront la réponse.

Dans Ydunéa, il est question d'Harmonie dans l'interprétation des phénomènes physiques comme dans celle des phénomènes biologiques, est-ce un hasard ?

Le fait que tout soit modélisable dans la Nature est un postulat qui inclut tous les phénomènes de transformation concernant l'inerte comme le vivant, conscience inclue, un prolongement de la pensée de Platon.

Cette modélisation nécessite une analyse détaillée de la dynamique de transformation, faisant appel à des expériences diverses, nombreuses et répétées, et suivie d'une synthèse nécessitant des esprits brillants. L'Occident à excellé dans cette démarche scientifique, propulsant l'humanité dans la perspective d'un homme démiurge. Le retard, aujourd'hui rattrapé, de l'Orient s'explique en partie par une observation de la Nature moins pragmatique, plus spirituelle diront certains, faisant la part belle à l'harmonie universelle. Regarder le Tout sans accorder trop d'importance aux détails.

L'harmonie est un élément essentiel et omniprésent des spiritualités d'Asie, équilibre entre le Bien et le Mal, le Ciel et la Terre, le laid et le beau, le beau temps et l'orage. Dans certaines civilisations orientales, cette recherche de l'équilibre peut s'appliquer au moindre détail, orientation d'une habitation, choix de la date d'un mariage, …

Bing.com / create, prompt : veneration of kami spirits in a Shinto shrine in Japan, vegetation and Fujihama in the background.

Le concept même d'harmonie renvoie à l'idée d'une cohabitation de plusieurs composantes, mieux d'une collaboration ou partage dont le résultat serait supérieur à la somme des valeurs ajoutées de chaque chose contributrice. Il y a un effet d'enrichissement mutuel au niveau de la perception que nous avons du résultat. Mais chaque composante aussi est enrichie, exhaustée par ce partage actif. Tous y trouvent leur compte. Un exemple est celui d'une symphonie musicale. Cette manière de

concevoir l'harmonie ouvre la porte à une définition mathématique. On notera qu'il y a un aspect dynamique (échanges incessants) dans cette façon de voir. Un instrument répond harmonieusement à un autre dans l'orchestre.

Dans l'animisme, toutes les choses de la nature sont susceptibles de communiquer, interagir, positivement ou négativement. Cela correspond à des situations d'harmonie ou disharmonie (cacophonie), de Bien ou de Mal.

L'harmonie en Physique correspond à une mise en commun maximale des brins de matière-énergie. Elle est parfois associée au milieu primordial (pour les scientifiques qui retiennent l'hypothèse d'un milieu parfait au sein duquel apparaissent les univers) dans lequel tous les brins (à l'état virtuel) communiquent parfaitement, instantanément. Dans le cas d'un milieu quelconque appartenant à un univers déjà créé, l'harmonie correspond à l'état de partage, communication maximum possible entre les diverses parties pour la structure considérée.

Dans le cas de la vie, l'harmonie correspond à la plénitude des fonctionnalités d'un organisme donné, sachant qu'elles sont toutes en interaction. On pense évidemment à la médecine chinoise avec l'acupuncture. De même que les réarrangements des brins de matière en Physique visent à rétablir l'harmonie (couplage, partage maximum, orbitales en mécanique quantique), l'auto-organisation qui caractérise la vie vise aussi à étendre toujours plus l'harmonie par la croissance des êtres vivants. La vie lutte contre le Mal désorganisateur et les interactions de la physique ont pour objectif de rétablir le couplage maximum du milieu primordial. En ce sens, l'harmonie est un principe universel.

~

Tout le monde (enfin presque …) connait et accepte la théorie de l'évolution de C. Darwin. Que change à cette théorie le fait de considérer la conscience comme un facteur d'évolution ?

Le buissonnement et foisonnement des espèces est dû pour l'essentiel aux remarquables propriétés des molécules d'ARN et ADN qui ont permis dans les tous premiers âges de la vie la synthèse d'une très grande variété de molécules de la vie (dont les protéines). Le génome s'est complexifié peu à peu, permettant aux êtres vivants de synthétiser de plus

en plus de protéines. Des quelques centaines de gènes protéiques (gènes capables de déclencher la synthèse de protéines) des archées primitives, on est passé à plus de 50 000 pour le mais (et un peu plus de 26 000 pour l'homme). À chaque nouvelle épreuve à dépasser pour rester en vie, obstacle apparu en raison d'une modification de l'environnement (changement de paramètres physico-chimiques, apparition de nouveaux prédateurs, …) la vie a répondu en inventant une nouvelle protéine codée dans un génome de plus en plus grand et retenue par l'évolution en raison de son efficacité. La théorie de Darwin peut alors expliquer seule l'évolution, la formule chimique répondant le mieux au maintien et à la perpétuation de l'espèce étant retenue. Automatismes, catalyse, autocatalyse mutations sélection naturelle. Il n'est encore pas question de conscience même si elle est probablement déjà à l'état d'embryon chez les êtres les plus simples.

Bing.com / create : Freemasonry, consciousness as the great architect of the universe.

Plus tard, avec la céphalisation, l'accroissement de la mémoire, des capacités de traitement de l'information, la conscience de soi apparait. Avant l'homme bien sûr chez les mammifères de manière croissante mais aussi chez d'autres espèces, entre autres certains oiseaux. Dès lors une part de libre-arbitre va intervenir dans le devenir des espèces. Il n'y a pas de Dieu ou de Grand Architecte conscient qui guiderait l'évolution mais un mécanisme de sélection naturelle auquel il faut ajouter le facteur conscience. Celui-ci a des conséquences bien plus rapides que celles dûes aux mutations naturelles. Nous avons aujourd'hui la capacité de modifier l'être humain et c'est notre conscience qui peut nous conduire à le faire.

~

Finalement, où va l'humanité ?

La réponse est claire, dans la France de 2023 nul ne le sait et le sujet n'intéresse qu'une minorité de personnes. La civilisation occidentale est aujourd'hui confrontée à une situation dans laquelle, les jeunes (et parfois les moins jeunes) rejettent en bloc les valeurs, objets et coutumes de leurs parents. Tout ce qui est ancien est déconsidéré. Les meubles de famille, en chêne, merisier, noyer, sont jetés aux encombrants, de même que des livres de collection, lors des successions. Les valeurs morales ne sont pas mieux loties, considérées comme inféodées à la religion chrétienne qui est en train de disparaître. On aide les migrants mais on ne porte pas assistance à ses vieux parents, pire on leur reproche de coûter trop cher à la société. Ceux qui répètent cette absurdité oublient que tout ce qu'ils ont a été obtenu grâce au travail de la France d'avant, leur France à eux ne cessant de s'enfoncer par paresse, mollesse, ignorance, incompétence. Les Français autrefois respectés dans le monde sont en passe d'en devenir la risée. La promotion irréfléchie du multiculturalisme en France contribue à à la dégradation des valeurs morales en amenant à douter de valeurs qui pourtant et en dépit de leurs imperfections ont permis au pays d'être un phare de l'Occident (ce qui ne veut pas dire pour autant qu'il ne faut pas refonder les valeurs, c'est une demande récurrente dans Ydunéa).

Certes ce genre de propos regrettant l'attitude des enfants envers leurs parents apparait de manière récurrente dans les écrits de la Grèce antique, de Rome, dans la Bible, plus généralement dans toutes les civilisations. Mais aujourd'hui le phénomène de rejet des aînés prend aujourd'hui une ampleur toutes particulière en raison des moyens de communication qui influencent puissament la mentalité des jeunes. Détruire sans construire n'a bien sûr aucun sens mais c'est pourtant ce que fait la jeunesse occidentale. Elle ne va plus à la messe mais, aveuglée pas le seul souci de consommer, jouir physiquement, elle ne propose rien comme si elle ne comprenait pas qu'il faut bien à une société un principe transcendant pour définir des comportements, des règles de vie qui puissent à terme garantir la qualité de la vie en société.

Les développements de la robotique et de l'intelligence artificielle, bientôt enrichis par les applications quantiques vont pourtant révolutionner la vie dans quelques décennies. Les premières séries (ou

promotions comme on dirait dans les écoles, cette remarque n'est pas anodine !) de robots androides sont annoncées pour les années 2024-2025 aux USA, en Chine, au Japon. Les intelligences artificielles spécialisées vont concerner tous les domaines scientifiques d'ici à une dizaine d'années. La porte sera alors ouverte à la mise en application d'une intelligence artificielle supérieure, globale, faisant appel à ces intelligences spécialisées. Dans la fiction Joy et les planètes bleues (écrite en 2017) on avait prévu cette arrivée à l'horizon 2030 en prenant l'exemple d'un homme qui confortablement assis dans son fauteuil discuterait avec une I.A globale et lui demanderait de lui construire un

robot capable d'aller récupérer des nodules polymétalliques au fond des océans. Cet interlocuteur I.A. ferait appel aux I.A spécialisée dans la conception des robots récolteurs, dans les processus de plongée, dans les processus d'analyse pour détecter les nodules intéressants, … C'est la démarche que nous prenons quand nous voulons construire nous-même notre maison. Nous allons chercher les compétences dans le gros œuvre, fondation, murs, dailleurs ans la toiture et le vitrage, ailleures encore dans la plomberie ou dans l'électricité, le revêtement de sol ou le chauffage. Nous faisons alors la synthèse ce que fera l'A.I globale en décidant d'une planification optimale des tâches (diagrammes de Gantt, …).

Bing.com / creat, prompt : a production line for humanoid robots.

Tous les métiers seront-ils touchés ? On entend souvent que ce ne sont que les tâches subalternes, ingrates qui seront affectées par l'arrivée des machines intelligentes. C'est bien sûr un mensonge. Les chercheurs eux-mêmes seront obligés dans les laboratoires de travailler avec les intelligences spécialisées dans leurs domaine respectifs. On a donné l'exemple des logiciels de prévision de molécules organiques (protéines de la vie) ou inorganiques (structure des hydrocarbures).

Les hommes nés avec un don particulier pour les mathématiques ou les sciences vraies n'auront plus alors aucun avantage ? C'est en grande partie vrai puisque le choix d'entreprendre telle ou telle action ou

construction est un choix conscient obéissant à des affects, des ressentis personnels. Celui qui bien que peu intelligent disposera de suffisamment de moyens pour se payer les nouveaux outils intelligents pourra obtenir ce qu'il veut et dominer une personne plus intelligente mais ne pouvant accéder à ces technologies soit qu'il n'en ait pas les moyens financiers, soit qu'il ne dispose pas d'armes pour s'en emparer.

Comment occuper les humains ? On arrive au cœur du sujet ! La multiplication des êtres humains qui pose déjà un problème aujourd'hui n'aura plus aucun sens. Ce sera une gêne. Dans un premier temps il est probable que l'on parquera une grande partie de la population dans des quartiers où un minimum de conditions de vie sera assuré (les low cities de la fiction Joy et les planètes bleues). Dans un second temps il faudra reconsidérer les politiques natalistes, définir un nombre maximum d'êtres humains vivant sur la planète bleue de telle sorte que celle-ci puisse être sauvée des conséquences du pillage effroyable que nous constatons aujourd'hui.

Et les autres, les privilégiés, les nantis qui disposeront des apports de la technologie ? Nous y sommes ! Dans une moindre promiscuité ils seront délivrés pour bonne part du besoin de dominer les autres. Presque tous leurs désirs seront accessibles du moins ceux que l'homme éprouve aujourd'hui. Mais la question à laquelle vous m'avez demandé de répondre les hantera encore. À quoi tout cela sert-il ? La démultiplication de la puissance des nantis n'aura aucune limite, les machines constructrices de machine pouvant prélever toujours plus aux quatre coins de l'univers pour construire toujours plus de sources d'énergie, de moyens de calcul, de moyens de destruction ou édification, pourquoi pas un jour de planètes puis d'univers.

Bing.com / create, prompt : a very beautiful young woman with five eyes, tropical forest in background / un fantasme …

En contrôlant les circuits du déplaisir dans le cerveau, ils pourraient faire en sorte de se sentir toujours heureux dans leur enveloppe

corporelle d'aujourd'hui, de ne plus jamais souffrir. Bien sûr, le cerveau humain est aujourd'hui parti en roue libre et invente sans cesse de nouveaux besoins. Mais là encore rien n'empêche de penser que l'homme nanti ne puisse satisfaires ces nouvelles lubies. On voit aujourd'hui dans un monde encore peu assisté par l'I.A. que des hommes voudraient devenir femmes et l'inverse. Dans l'avenir certains humains pourraient désirer d'avoir deux sexes ou deux bouches ou quatre bras, tout cela avec pour objectif naïf de pour jouir deux, trois, quatre fois plus …

Alors que deviendrait l'humanité ? Arrivés au stade technologique que noue venons de décrire, la société ne servirait plus à rien. Une ou quelques entités suffiraient, dotées d'une capacité de transformation leur permettant d'adopter des formes physiques diverses avec des sens multiples et changeants. À la limite on peut même penser à des choses purement conscientes dépourvues des sens physiques permettant de capter les vibrations diverses de notre univers, se contentant de la satisfavtion mentale mais toujours dotées de moyens illimités de contrôle sur l'univers.

~

Bing.com / create, prompt : the sleep, Dali style.

END

Impression DFS+, Aix-en-Provence, France, octobre 2023.