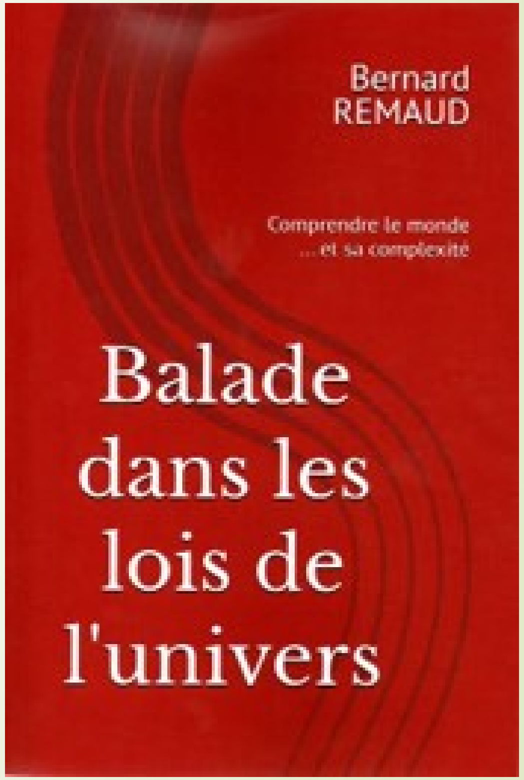
Comprendre le monde et sa complexité

L’étrange efficacité des mathématiques pour comprendre le monde?

Bernard Remaud
www.un-peu-de-physique.fr/



« L'irraisonnable efficacité des mathématiques dans les sciences de la nature »

« Le miracle de l’adéquation du langage des mathématiques à la formulation des lois de la physique est un cadeau merveilleux que nous ne comprenons pas et ne méritons pas ».
E. Wigner

cité par F. Balibar «L'irraisonnable efficacité des mathématiques dans les sciences de la nature », dans Rue Descartes 2012/2 n° 74

Comment partager les connaissances scientifiques à l’Université Permanente ? :
Avec ou sans support d’outils mathématiques.

L’homo sapiens veut comprendre le monde ? Pourquoi ?

Mieux s’adapter à son environnement (nourriture, sécurité,…)
Donner un sens au monde qui nous entoure (cf religion)
Mieux maîtriser la technologie (comment ça marche)
Appuyer ses choix de société (cf démocratie)
Enrichissement personnel (ça ou la poésie préromantique)
…

Comprendre le monde – un exemple : les marées

Wikimedia – domaine public

Prédire sans comprendre (les Grecs avant l'ère moderne)

Relier le phénomène des marées à l'attraction Terre-Lune-Soleil (Newton)

Calculer précisément horaires et amplitudes, à partir des interactions Soleil-Terre-Lune (XIXe siècle CE Delaunay *Théorie analytique complète du mouvement de la Lune autour de la Terre*)

$$\Pi_{P_{(a,\lambda,\phi)}} = -\frac{3}{4} G M_{Lune} \frac{a^2}{R^3_{Lune}} \Big[\frac{1}{3}(1-3\sin^2\phi_{Lune})(1-3\sin^2\phi_P) + \sin(2\phi_{Lune})\sin(2\phi_P)\cos(\lambda_P-\lambda_{Lune}) + \cos^2\phi_{Lune}\cos^2\phi_P\cos 2(\lambda_P-\lambda_{Lune})\Big]$$

$$ds^2 = \left(1-\frac{2Gm}{c^2 r}\right)c^2 dt^2 - \frac{dl^2}{1-\frac{2Gm}{c^2 r}}$$

Effet de la courbure de l'espace-temps près des corps massifs (Relativité générale – Einstein XXe siècle)

Comprendre le monde – un exemple : les marées

Wikimedia – domaine public

Prédire sans comprendre (les Grecs avant l'ère moderne)

Relier le phénomène des marées à l'attraction Terre-Lune-Soleil (Newton)

Calculer précisément horaires et amplitudes, à partir des interactions Soleil-Terre-Lune (XIXe siècle CE Delaunay *Théorie analytique complète du mouvement de la Lune autour de la Terre*)

$$\Pi_{P_{(a,\lambda,\phi)}} = -\frac{3}{4} G M_{Lune} \frac{a^2}{R^3_{Lune}} \Big[\frac{1}{3}(1 - 3\sin^2\phi_{Lune})(1 - 3\sin^2\phi_P) + \sin(2\phi_{Lune})\sin(2\phi_P)\cos(\lambda_P - \lambda_{Lune}) + \cos^2\phi_{Lune}\cos^2\phi_P\cos 2(\lambda_P - \lambda_{Lune}) \Big]$$

$$\boxed{ds^2 = \left(1 - \frac{2Gm}{c^2 r}\right) c^2 dt^2 - \frac{dl^2}{1 - \frac{2Gm}{c^2 r}}}$$

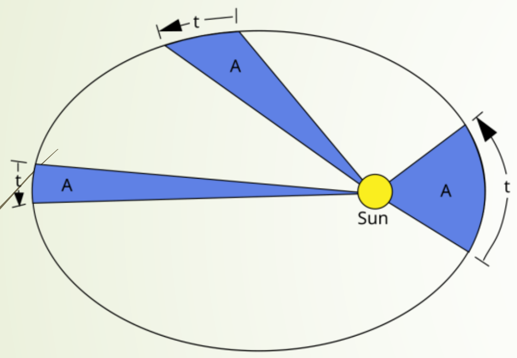
Effet de la courbure de l'espace-temps près des corps massifs (Relativité générale – Einstein XXe siècle)

Prédictibilité
Cohérence avec loi universelle

Abstraction
Nécessite des prérequis

Loi scientifique

« Une loi scientifique est un énoncé fondé sur des observations ou expériences répétées, décrivant ou prédisant des phénomènes naturels, souvent exprimé par des relations mathématiques. » - Wikipédia – Loi scientifique



Wikimédia – by RJ Hall - cc-by-sa-2.0-at

La 2ème loi des aires de Kepler

Forme littérale

« les rayons des orbites des planètes balaient des surfaces égales en des temps égaux »

- *Loi empirique*
- *Aide à la compréhension, pouvoir prédictif faible*

Forme Mathématique

- *Loi mathématique*
- *Cohérence avec la théorie universelle de Newton*
- *Permet le calcul prédictif*

$$\frac{dA}{dt} = \frac{r^2}{2}\frac{d\theta}{dt} \Longrightarrow A(t) = \pi ab\frac{t}{T}$$

a, b : demi-axes de l'ellipse, T : période de rotation

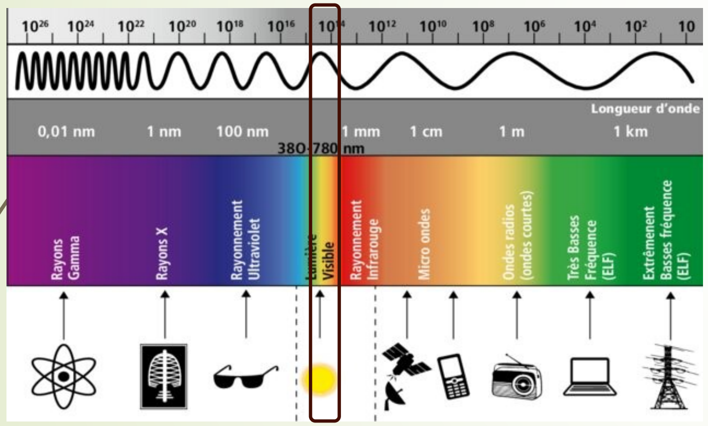
Comprendre le monde
Passer de la représentation mentale à l’abstraction mathématique

Quel « monde » ?
Nos représentations du monde sont-elles la réalité ?

Voyons-nous le monde tel qu'il est réellement ?

Voyons-nous le monde tel qu'il est réellement ?

- Les limites de nos sens
- Le rôle des instruments scientifiques

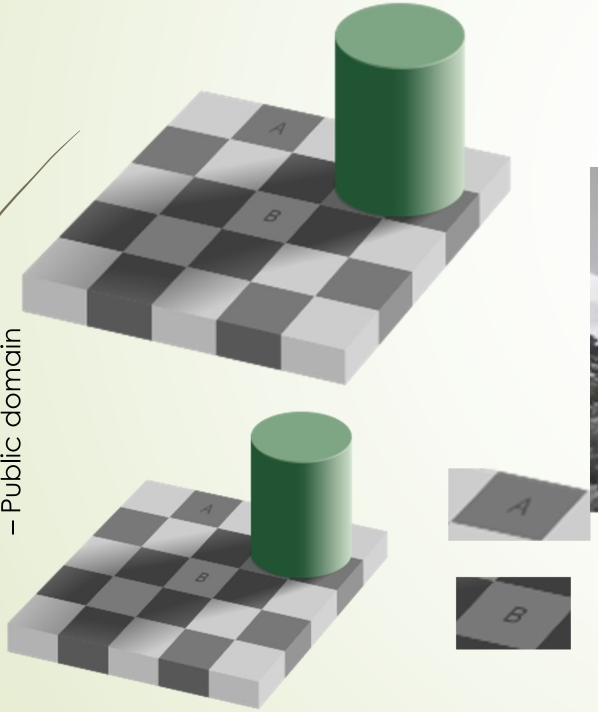


Expérience au CERN

Voyons-nous le monde tel qu'il est réellement ?

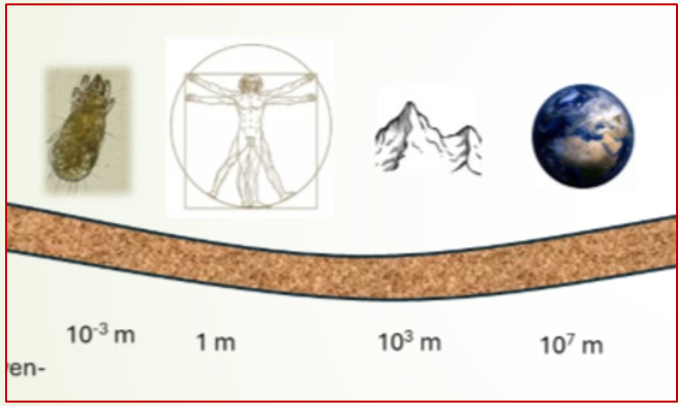
- Notre cerveau n'est pas neutre et passif

Wikimedia Commons – by Edward H. Adelson – Public domain



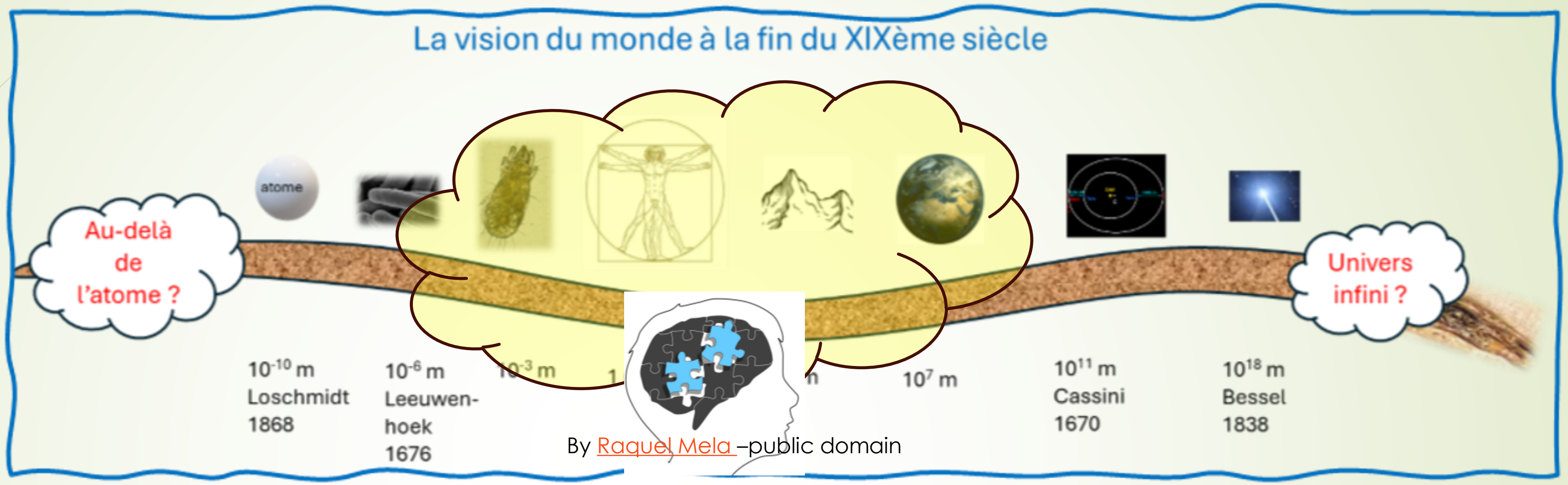
https://www.heidi.news/sciences/

Voyons-nous le monde tel qu'il est réellement ?



Monde qui a
conditionné notre
cerveau darwinien

Voyons-nous le monde tel qu'il est réellement ?



Instrumentation
Mécanique quantique

Instrumentation
Relativité générale

Notre cerveau est inadapté pour
se représenter – comprendre
l'infiniment grand et l'infiniment petit

Notre cerveau est inadapté pour
se représenter – comprendre
l’infiniment grand et l’infiniment petit

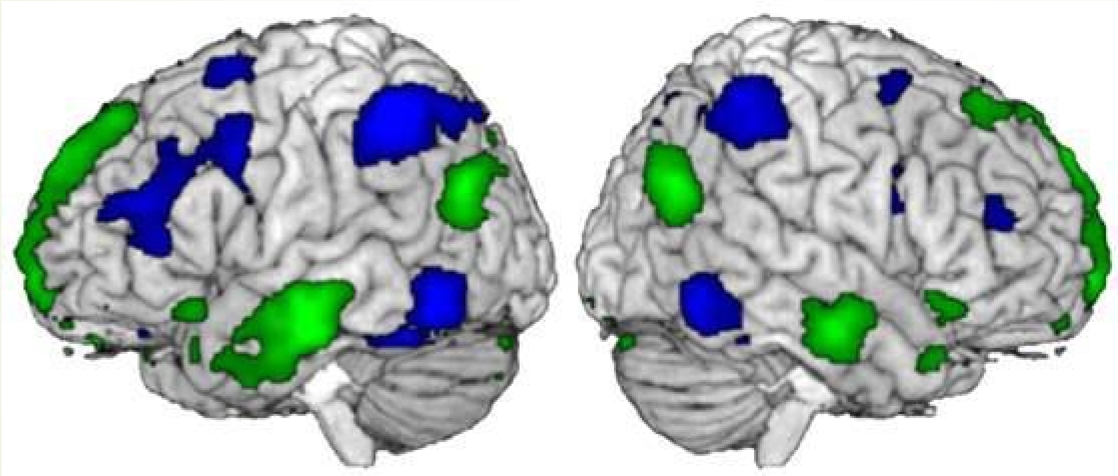
Voyons-nous le monde tel qu'il est réellement ?

Peintures rupestres de Lascaux
Cité par S. Dehaene « Le rectangle de Lascaux » - Odile Jacob

La géométrie : prérogative de l'Homo Sapiens

Le monde est mathématique ?

Réseau neuronaux spécifiques aux Mathématiques et aux autres connaissances sémantiques



Copyright : Almaric et Dehaene (2016)

Les connaissances sémantiques sont liées à l'usage d'un objet ou au sens d'un mot ; multi-sensorielles, elles codent nos connaissances générales et abstraites sur le monde, et notamment le sens des mots.

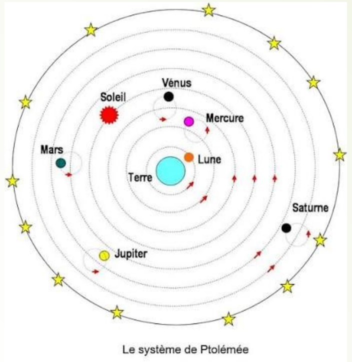
Des milliers de langages

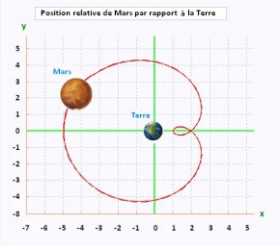
Un seul langage mathématique

« Les connaissances mathématiques s'appuient sur un jeu d'idées simples – partagées par tout homo sapiens- : nombres et leurs symboles, lignes, espaces … que le cerveau recombine pour engendrer des objets nouveaux »

(d'après S. Dehaene, Le rectangle de Lascaux)

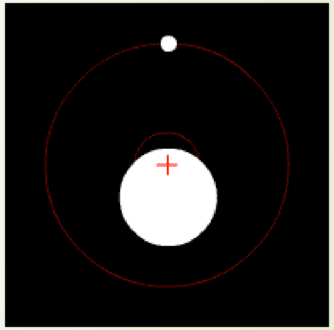
Comprendre le monde – le système solaire et les mathématiques





Ptolémée : géocentrisme, le Soleil tourne autour de la Terre

Copernic, Kepler : héliocentrisme, la Terre tourne autour du Soleil



Newton, Galilée : le Soleil et la Terre tournent autour de leur centre de masse

$$\vec{F}_{TS} = \frac{m_T m_S}{m_T + m_S} \frac{d^2\vec{r}_{TS}}{dt^2}$$

$$ds^2 = \left(1 - \frac{2Gm}{c^2 r}\right) c^2 dt^2 - \frac{dl^2}{1 - \frac{2Gm}{c^2 r}}$$

Einstein : le Soleil et la Terre suivent les géodésiques dans l'espace courbé par leurs masses

Les mathématiques : un langage codé … ou plus.

$$i\hbar\frac{\partial\Psi}{\partial t} = (mc^2\alpha_0 + c\vec{\alpha}.\vec{p})\Psi$$

$$\Psi = \begin{pmatrix} \psi^{\uparrow} \\ \psi^{\downarrow} \\ \varphi^{\uparrow} \\ \varphi^{\downarrow} \end{pmatrix}$$

Ψ est une fonction d'onde à 4 composantes :

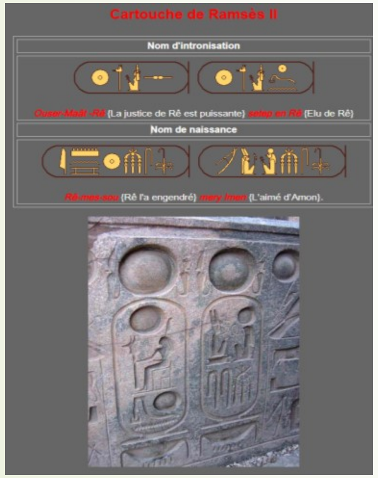
- les 2 premières correspondent aux 2 valeurs de spin $\pm$ 1/2
- les 2 autres (énergies négatives) ???
- Les α_0 , α_x , α_y , α_z sont des matrices 4X4 (liées aux matrices de Pauli)

L'équation de Dirac, conçue pour concilier la mécanique quantique et la relativité restreinte, « découvre » l'antimatière avant qu'elle soit observée

« Mes équations en savent plus sur la nature que moi »
(attribué à PM Dirac)

Enseigner la physique sans formule mathématique ?

Pour « Comprendre » la civilisation égyptienne



www.passion-egyptienne.fr

Faut-il savoir lire les hiéroglyphes ?

Pour « Comprendre » l'apport de l'équation de Dirac à la connaissance du monde quantique

$$\boxed{i\hbar\frac{\partial\Psi}{\partial t} = (mc^2\alpha_0 + c\vec{\alpha}.\vec{p})\Psi}$$

Faut-il savoir la résoudre ?

La science est une tentative humaine d’accès au réel d’un monde qui dépasse notre représentation mentale

Les mathématiques comme langage du réel, mais aussi comme source de distance avec le public

Comment citer cette œuvre en style APA :

Remaud, B. (2026, Juin) Les mathématiques et le monde réel. Dans: Un peu de science pour comprendre le monde moderne. Université permanente - Nantes Université. https://neo-rel.univ-nantes.fr. Sous licence CC BY-SA 4.0.

D'autres ressources sont disponibles sur le blog
https://un-peu-de-physique.fr/