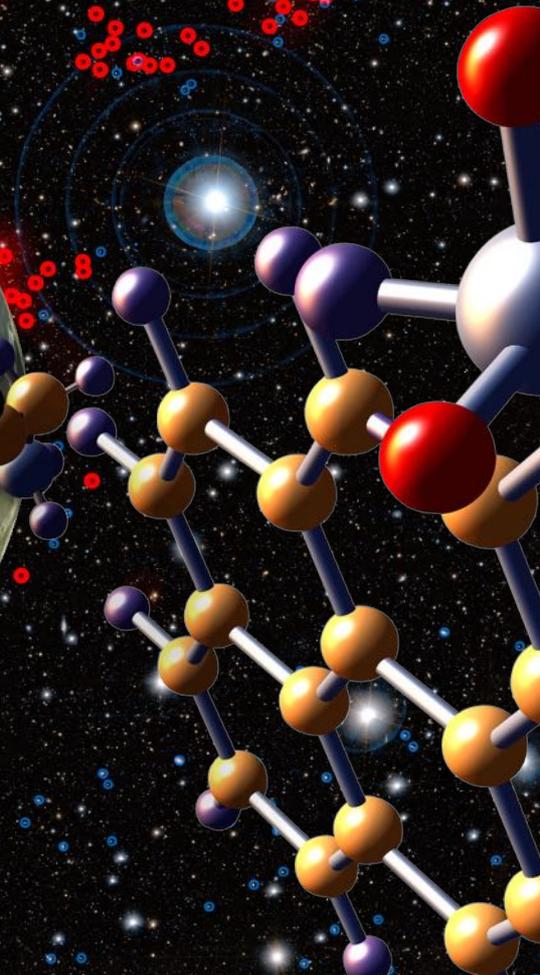
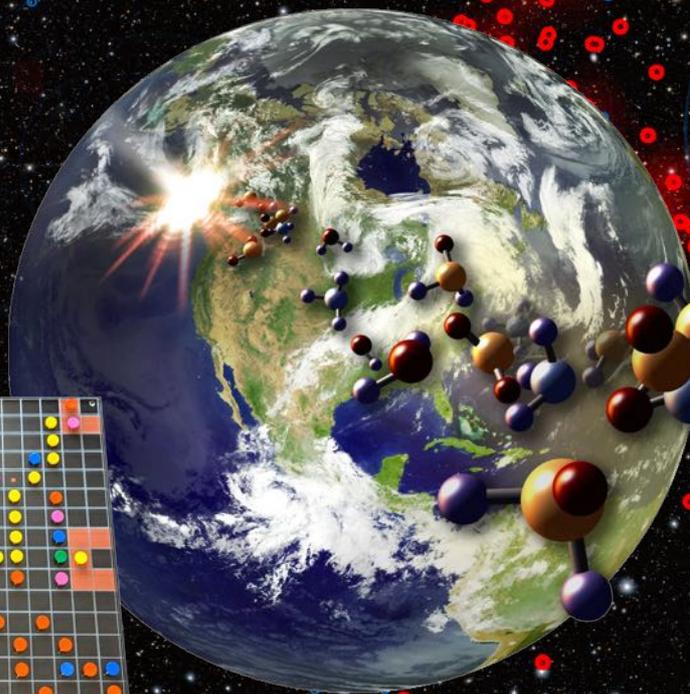


# « Pas plus de quatre », l'ordre caché de l'Univers ?

Luc Chanteloup



LUJÉES

# « Pas plus de quatre », l'ordre caché de l'Univers ?

Luc Chanteloup (prof. Dr.) 2015  
Institut d'Histoire des Sciences et des Techniques (IHST)  
Abak.game@gmail.com

L'Univers est un arrangement durable d'éléments interconnectés,  
qui fonctionnent avec des règles simples,  
et qui forment un tout unifié

Luc Chanteloup

## Sommaire

- 1 – Tétravalence
- 2 – Mathématisation « pas plus de quatre »
- 3 – Modèle Abak®
- 4 – Cosmologie

*La règle semble universelle. Elle est présente partout dans l'organisation de l'Univers comme dans l'organisation moléculaire des atomes. Elle est partout où règnent les interactions entre les systèmes complexes. Un mystère de la Nature a enfin été mis à jour. Une règle omniprésente, un schéma que la Nature reproduit sans cesse au fil de l'Évolution : la règle du « **pas plus de quatre** ».*

*Il a fallu une intuition atypique, une curiosité affûtée, une observation perspicace alliée à un bon sens, pour distinguer des formes d'organisation qui avaient toujours existé, mais qui demeuraient jusque-là invisibles. Rendre l'invisible, visible et trouver un certain ordre à ce qui ressemble à du désordre, la règle du « pas plus de quatre » (« no more than four ») permet de comprendre le comportement des systèmes complexes adaptatifs.*

*Que ce soit dans l'intimité des atomes ou dans l'immensité des galaxies, dans le cerveau, le système génétique, internet, dans le comportement d'une société animale ou dans le développement des sociétés humaines, la règle du « pas plus de quatre » apparaît bien comme une des règles simples et sous-jacentes qui régissent l'Univers.*

*Elle constitue un modèle pour appréhender le comportement des systèmes émergents capables de modifier leur structure interne en réaction aux variations de leur environnement. Une condition indispensable pour apprendre et survivre.*

*Un nouveau paradigme est proposé avec le concept de l'Abak®.*

*L'intuition d'une cosmologie descendante liée à la physique quantique est présentée.*

*La règle du « pas plus de quatre » ne révélerait-elle pas la trace d'une intention harmonieuse et hautement finalisée régnant dans l'univers ?*

## 1 - Tétravalence

Il y a près de 13,7 milliards d'années, l'inflation cosmique de l'Univers\* débute par la création des quatre forces fondamentales (électromagnétisme, interaction faible, interaction forte et gravitation). Ces quatre forces suffisent à décrire l'ensemble des phénomènes physiques. Leurs portées ainsi que leurs intensités sont différentes. La gravité est la plus faible de ces forces mais a une portée infinie. Ces lois de la physique comportent un grand nombre d'ajustements fins sans lesquels l'Univers n'aurait pas eu une stabilité suffisante pour que la vie puisse apparaître. Une variation, même très faible, de certaines constantes fondamentales n'aurait pas permis à la vie d'apparaître lors de la formation des galaxies dans un Univers en expansion. Comme ce scénario reste statistiquement improbable, il faut admettre que la vie telle que nous la connaissons aujourd'hui, a sûrement dû explorer de nombreuses pistes dont nous n'avons pas gardé la trace.

### L'énergie du système solaire : l'Hélium 4

Il y a environ 4,5 milliards d'années, le Soleil et le Système solaire, issus de l'effondrement d'un nuage géant de gaz et de poussière, sont créés. Depuis lors, le Soleil brûle son combustible – l'hydrogène – et émet des particules et des rayonnements dans tout le Système solaire.

Son énergie, transmise par le rayonnement solaire rend possible la vie sur Terre par apport d'énergie lumineuse (lumière) et d'énergie thermique (chaleur), permettant la présence d'eau à l'état liquide et la photosynthèse des végétaux. Cette énergie provient du cœur du Soleil dans lequel la fusion nucléaire de l'hydrogène produit de l'hélium-4 dont le noyau atomique compte quatre particules, deux protons et deux neutrons.

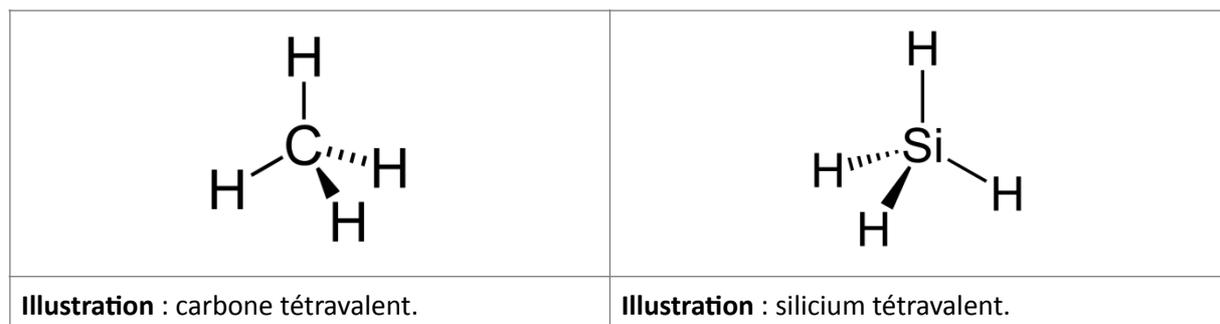
Les molécules présentes dans les nuages interstellaires sont constituées d'hydrogène ( $H_2$ ), d'Hélium ( $4-He$ ), de carbone (C), de silicium (Si) et d'eau ( $H_2O$ ). Un point commun relie toutes ces molécules : La tétravalence, leur capacité à former quatre liaisons avec quatre atomes différents.

Avec cette première illustration de la règle du « pas plus de quatre » (capacité à ne former, au plus, que quatre connexions) que nous pensons universellement répandue, cela nous permet de penser qu'une vie extraterrestre, si elle existe sous une forme primitive ou évoluée, est bel et bien, elle aussi, fondée sur une chimie tétravalente. On pourrait ajouter que seulement quatre éléments : Carbone, Hydrogène, Oxygène et Azote, constituent 99% de la matière vivante.

### Tétravalence : la nature chimique de l'univers

La constitution des différents matériaux de l'univers n'est possible que par la propriété tétravalente des atomes de carbone et de silicium. Les quatre électrons de leur couche de valence (couche électronique externe) sont disponibles pour former quatre liaisons chimiques covalentes qui peuvent se développer dans tout l'espace.

C'est bien la chimie tétravalente et précieuse du carbone qui permet toutes les réactions biochimiques indispensables à la vie sur Terre. Le méthane ( $CH_4$ ) est l'archétype le plus simple des composés formés par le carbone. Les possibilités infinies du carbone à former des composés sont à l'origine de la chimie organique. Elles font du carbone la base de toute la vie sur Terre en association avec l'Azote (avec son doublet électronique libre) et le Phosphore qui développent eux aussi une structure tétraédrique.



D'autres éléments chimiques, comme le silicium (Si), le germanium (Ge), l'étain (Sn) voire le plomb (Pb), partagent la même structure électronique, une valence de quatre avec le carbone. Mais, si leur chimie manque de souplesse et donc peu adaptée aux innombrables réactions indispensables à la vie, ils demeurent les constituants fondamentaux de la matière inerte. Ils utilisent avantageusement leur tétravalence pour constituer les roches et les minéraux (ex. :  $\text{SiO}_2$ ).

Enfin, une autre molécule indispensable à la vie est l'eau. Sa formule chimique est la plus connue. Mais, contrairement au méthane (gaz) et à la silice (solide), la molécule d'eau développe une polarité qui lui permet d'interagir avec quatre autres molécules d'eau voisines en établissant des liaisons hydrogène. Elles forment ainsi un tétraèdre dont le centre est occupé par un atome d'oxygène. Elles constituent alors un réseau tridimensionnel complet connectant quasiment n'importe quel point du liquide. Ce maillage en tétraèdre explique ces propriétés exceptionnelles intimement associées à toute vie.

### Quatre types de liaisons chimiques

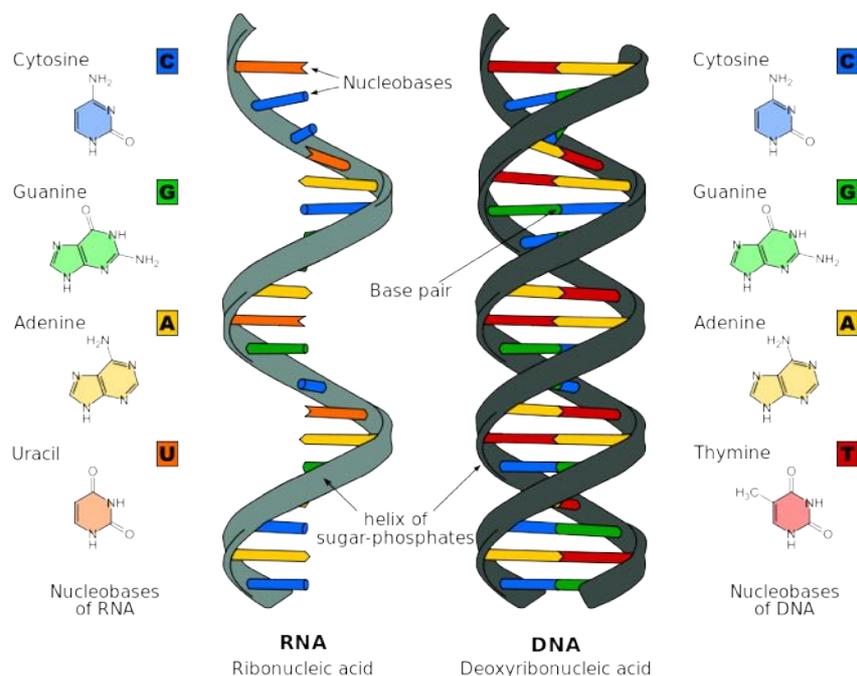
Ces atomes sont liés entre eux par quatre types de liaison : la liaison covalente, qui résulte de la mise en commun d'électrons entre deux atomes, la liaison ionique où les électrons d'un ion sont transférés à un atome voisin, la liaison intermoléculaire ou van der Waals (à laquelle appartiennent les liaisons hydrogène), qui est plus faible par rapport aux deux précédentes. Ces trois liaisons sont toutes relativement stables.

Il existe un 4<sup>ème</sup> type de liaison chimique ultra-fort. C'est une liaison hydrogène qui présente une force similaire voire supérieure à certaines liaisons covalentes. On la retrouve dans certains composés hydrogène-fluorure, voire dans les molécules d'eau.

### Le code génétique : quatre nucléotides

Nul être vivant ne peut être, s'il ne possède le chiffre de la vie, une combinaison de quatre lettres.

Le code génétique est l'ensemble des règles permettant de traduire les informations contenues dans le génome des cellules vivantes afin de synthétiser les protéines. Il est porté par deux types d'acides nucléiques : l'acide désoxyribonucléique (ADN), et l'acide ribonucléique (ARN). Les acides nucléiques conservent l'ensemble de l'information génétique transmise par l'hérédité et régulent toutes les fonctions biologiques des organismes.



**Illustration :** l'ADN (DNA) est constitué de 4 bases nucléiques (A : adénine, T : thymine, G : guanine et C : cytosine). L'ARN (RNA) est constitué de 4 bases nucléiques (A : adénine, U : uracile, G : guanine et C : cytosine).

L'ADN comme l'ARN sont composés de petites unités appelées nucléotides : une molécule de sucre (le ribose ou désoxyribose) et une molécule de phosphate sur une base azotée. Chaque nucléotide d'un brin est lié à un nucléotide de l'autre brin par une liaison hydrogène faible, et c'est l'enchaînement de ces paires qui crée l'enlacement caractéristique de la double hélice. Le code génétique s'exprime par l'ordonnement précis des quatre bases azotées : adénine (notée A), thymine (T), guanine (G), cytosine (C). C'est bien ces quatre bases azotées qui, au sens large, établissent la correspondance entre le génotype et le phénotype d'un organisme et qui assure la diversité et l'unicité de tous les êtres vivants sur Terre.

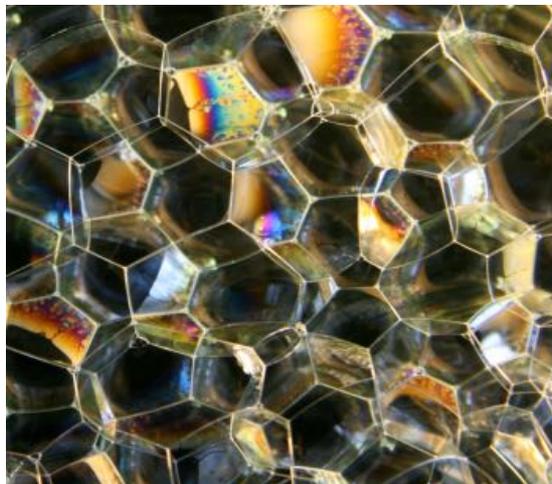
Autrement dit, si chaque être vivant est absolument unique, c'est parce que la règle du « pas plus de quatre » constitue la base de l'information génétique portée par son ADN et qui aura été créée à un seul exemplaire dans toute l'histoire passée et à venir de l'Univers. La règle du « pas plus de quatre » constitue la base de la régulation biologique de tous les êtres vivants.

### **Architecture tétravalente de la matière**

Les bulles et les mousses sont universellement répandues. Leur structure interne comprend un empilement de polyèdres de tailles différentes, délimités par des arêtes. Les arêtes s'alignent invariablement selon les quatre directions de l'espace. Au nœud de rencontre, les quatre directions forment un tétraèdre régulier dont chaque sommet forme avec les autres des angles d'environ 109°. Chaque arête connecte trois parois qui se rencontrent en formant des angles de 120°. Si vous exercez une contrainte sur la mousse, les arêtes et les films liquides se réarrangeront de façon irréversible pour former un nouveau réseau de polyèdres invariablement de structure tétraédrique.

Une autre matière très répandue sur Terre, le sable, constitue une ressource non renouvelable pour les constructions. C'est une matière solide granulaire constituée de petites particules provenant de la désagrégation de matériaux d'origine minérale.

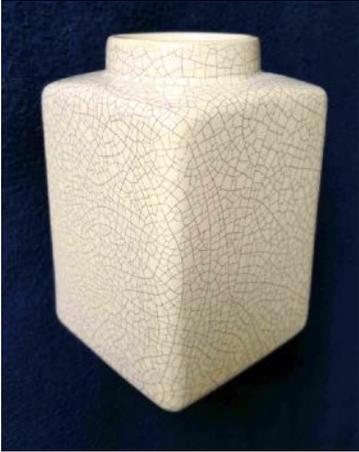
Or, la résistance des constructions est conditionnée par le taux d'humidification du sable qui doit être précis pour une parfaite tenue de la construction (1% en poids). Cette humidification contrôlée permet de créer un réseau de ponts capillaires qui assure la cohésion de l'ensemble. Pour une cohésion optimum, chaque grain de sable met en place quatre ponts en commun avec ses voisins.



**Illustration** : réseau de jonction tétravalent dans les bulles et les mousses.

Les constructions défailles provoquent des fissures. Le même phénomène est observé pour les craquelures des tableaux de peinture ou des porcelaines dites « craquelées ». Ces craquelures sont dues aux fortes contraintes de tension dans le matériau. Dans les argiles par exemple, l'eau présente dans les grains de matière s'évapore et ils ont tendance à se compacter. Une première fracture se propage en suivant la ligne de plus grande tension, comme un petit ruisseau qui descend un relief en suivant la ligne de plus grande pente. Mais la tension persiste sur les bords dans la direction parallèle. Pour « soulager » la tension, une deuxième fracture se crée en se propageant elle aussi perpendiculairement à la tension qu'elle subit. Comme la tension est parallèle à la première fracture

à proximité de celle-ci, la nouvelle fracture coupera son aînée à angle droit. Les fissures se croisent à angles droits, indépendamment de la nature des matériaux et du mécanisme de fracturation. Dans ce genre de réseau où les fissures se forment successivement et ne se déforment plus une fois ensuite, on constate que les cellules ont quatre côtés et six voisines en moyenne. Chaque sommet joint quatre arêtes, cette règle sera toujours vraie, quelle que soit la géométrie de votre maillage. C'est le même processus que l'on retrouve dans les bulles de savon, les mousses et dans la structure interne des os (trabéculaires). La biologie n'est pas en reste par l'architecture des nervures des feuilles, des ailes des insectes, etc.

	
<p><b>Illustration</b> : craquelure de terre asséchée.</p>	<p><b>Illustration</b> : céramique dite « craquelée ».</p>

### L'Homme tétravalent

Y aurait-il une notion de tétravalence chez les humains ?

Cette notion fait appel à son sens du nombre : la numérosité.

Notez bien, que le sens du nombre n'est pas la capacité de compter, mais la capacité à reconnaître que quelque chose a changé dans l'environnement. Certaines espèces animales, notamment les oiseaux, possèdent un sens du nombre. Ils sont capables de prévoir et de planifier plusieurs étapes dans leur réflexion. Pour l'homme, au regard des découvertes préhistoriques, la compréhension du sens du nombre remonte au moins à 300.000 ans, époque qui coïncide avec l'utilisation de la parole, du feu et de la chasse coopérative.

Ici, il faut régler la question de la confusion courante entre les chiffres et la numérosité. Les chiffres sont des symboles graphiques conventionnels auxquels on associe une valeur numérique. La numérosité est une propriété abstraite au sens où elle est indépendante des attributs sensoriels et des dimensions physiques des éléments.

Le sens du nombre a fait l'objet de nombreuses recherches en neurosciences. C'est un processus cognitif qui repose sur la subitisation, une intuition numérique, présente dès la première année de la vie, et qui permet de quantifier rapidement et précisément de petites collections d'un à trois ou quatre éléments au plus.

Au-delà de quatre objets, quelle que soit leur organisation spatiale, il devient difficile de déterminer d'un seul coup d'œil la cardinalité d'un ensemble, c'est-à-dire le nombre d'éléments qui le compose.

Ce processus de subitisation, limité à quatre objets, illustre parfaitement la règle du « *pas plus de quatre* ». Il est bien mis en évidence par la psychologie cognitive et trouve un écho à la fois dans l'histoire et l'ethnologie. Nul ne doute, que ce processus sera toujours bien présent et accompagnera les futurs développements de l'humanité.

Ainsi aujourd'hui, on retrouve la règle du « *pas plus de quatre* » dans tous les domaines de la vie quotidienne. Elle ne se limite pas à la perception visuelle, mais elle s'étend aussi à la perception tactile, auditive et gustative. Notez bien, que si le « quatre » représente l'harmonie en occident, il fait l'objet d'une tétraphobie en Asie, car associé à la mort.

Quelques exemples non exhaustifs du « *pas plus de quatre* » :

**Subitisation auditive** : reconnaissance des sonneries d'horloge (nombre de coups des quarts d'heure), répétitions des motifs musicaux (musique) ; **Subitisation ethnologique** : 4 éléments de la matière composant l'univers (**la terre, l'eau, l'air, le feu**), 4 qualités élémentaires (chaud, froid, sec et humide), 4 points cardinaux (**le Nord, l'Est, le Sud et l'Ouest**), 4 phases de la lune (nouvelle lune, premier quartier, pleine lune et dernier quartier), 4 vents (**Borée, Notos, Euros et Zéphyr**), 4 saisons (**Printemps, été, automne, hiver**), 4 groupes sanguins (**A, B, O et AB**), 4 humeurs (**la bile jaune, la bile noire, le sang et la lymphe**), 4 sens (**ouïe, vue, toucher, odorat et gustatif** étant liés), 4 saveurs culinaires (le sens du goût fait appel à quatre facteurs distincts, **sucré, salé, acide et amer**) qui peuvent se décliner en de nombreuses saveurs qui font davantage référence à la sensation de perception somatique (piquant, l'astringent, ...), 4  $\frac{1}{4}$  gâteaux (quatre ingrédients en proportions identiques : 140 g de farine, 140 g de sucre en poudre, 140 g de beurre, 4 œufs), 4 dents de fourchettes, 4 services d'un repas (**entrée, plat, salade, dessert**), Jeux penta étriques, périodicité tous les 4 ans (**jeux olympiques, coupe du monde de football, rugby, ...**), 4 feuilles de trèfles (chance), 4 familles des jeux de cartes (**roi, dame, valet et points**) et les quatre enseignes : **trèfle** (noir), **carreau** (rouge), **cœur** (rouge), **pique** (noir), 4 Évangiles, 4 cavaliers de l'Apocalypse... ; **Subitisation spatiale** : constitution de groupes de discussions (réunions) ; **Subitisation technique** : alphabet Braille (composé de 4 points en relief), code Chappe (3 bras articulés +1 bras fixe), code Morse (séries de 4 impulsions courtes et longues), série de coups sur l'enclume des forgerons (3 frappes +1 coup de repos), promotions commerciales (3+1 gratuit) ; **Subitisation visuelle** : nombre de sorties de routes des ronds-points, hiérarchie des grades militaires, 4 couleurs des tenues vestimentaires (N&B compris), 4 quatre couleurs primaires de l'imprimerie (**CMYK**), soit le cyan (bleu), le magenta (rouge), le jaune (Y pour « Yellow ») et noir (K pour « black ») ; et bien d'autres...

## 2 – Mathématisation « pas plus de quatre »

### Mathématiques quinaires (pas plus de quatre, donc cinq)

Si la subitisation est omniprésente dans la vie quotidienne, c'est bien dans l'histoire des mathématiques et plus particulièrement du calcul que l'on mesure son importance.

Des recherches en ethnologie ont montré que certains peuples d'Afrique, du Brésil ou d'Australie utilisaient des mots pour indiquer 1, 2, voir 3, et recouraient ensuite à des expressions particulières signifiant « beaucoup ». Si leur répertoire semble limité, il ne faut pas oublier qu'ils pouvaient compter de façon muette en désignant les parties du corps : la main pour 5, les doigts et les orteils jusqu'à 20. Ils avaient aussi la possibilité d'utiliser les coudes, les poignets, les seins, les oreilles et d'utiliser des configurations particulières des doigts des mains pour avoir accès à un dénombrement encore plus important. Néanmoins, ces techniques sollicitent des processus de mémorisation important chez ces individus.

Pour l'écriture des nombres, les différentes civilisations antiques ont mis en place de nombreux systèmes de numération. Mais, dans la plupart des cas, l'écriture des nombres de 1 à 4 suit un simple principe cumulatif. Par exemple 1, 2, 3, 4 traits ou points identiques correspondent probablement à un stade de comptage antérieur, alors que la notation des nombres à partir de 5 fait intervenir soit un autre symbole, soit une nouvelle répartition spatiale des signes fondamentaux pour permettre une lisibilité immédiate.



**Illustration** : pas plus de quatre, donc cinq (la notation « cinq » fait intervenir un changement).

Pour les calculs arithmétiques usuels, les hommes ont inventé les quatre opérations élémentaires (l'addition, la soustraction, la multiplication et la division). À l'origine, les nombres étaient représentés par des cailloux, des coquillages ou des jetons placés sur le sol, puis sur un tapis (échiquier de Normandie) ou sur des tables. Que ce soit avec des objets ou avec les doigts des mains, la plupart des techniques de compte faisaient appel à un système quinaire (base cinq, qui utilise les chiffres 0, 1, 2, 3, et 4 pour représenter n'importe quel nombre entier). Dans ces systèmes quinaires, un changement de placement s'opère à partir du 5<sup>ème</sup> élément, illustration parfaite de la règle du « pas plus de quatre ». Cette méthode de calcul utilisée dans la numération romaine participa à la conservation de ce système tout au long du Moyen-Âge en Europe et perdue encore de nos jours dans les bouliers de compte en Asie.

Enfin, des théories mathématiques illustrent très bien l'appétence pour la règle du « pas plus de quatre » dans :

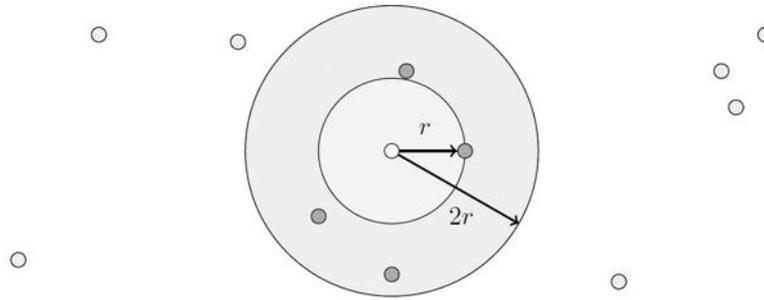
- la Loi de Newcomb-Benford (près de 70% des nombres rencontrés dans la vie quotidienne commencent soit par un 1, soit par un 2, un 3 ou un 4) ;
- le Théorème des 4 couleurs (quatre couleurs différentes suffisent pour colorier n'importe quelle carte de sorte que deux régions adjacentes reçoivent toujours deux couleurs distinctes) ;
- la Théorie du Petit monde (n'importe quel humain sur la planète peut aisément être relié à un autre à l'aide d'une courte chaîne de *Pas plus de 4* relations humaines).

### **De la simplicité du « pas plus de quatre » émerge spontanément de la complexité**

Dès lors que nous sommes confrontés à la complexité d'un phénomène, nous sommes généralement conduits à utiliser un modèle qui permet de transcrire nos perceptions à l'aide d'outils spécifiques pour en faciliter l'analyse et la compréhension. Une fois cette transcription construite et analysée, le phénomène peut être ramené à son contexte d'origine. Ainsi, de façon étonnante, la règle du « pas plus de quatre » propose une représentation schématique plus simple des distributions spatiales aléatoires que l'on rencontre dans les systèmes naturels que l'on pourrait qualifier de stochastiques.

Les diverses données issues des mesures de l'observation de la Nature donnent à voir directement des semis de points (distribution des arbres dans une forêt, gouttes de condensation, etc.). Ces points peuvent être analysés en fonction de leur environnement proche, comme possédant une connexion ou un cercle d'influence par rapport aux autres points proches.

### Notion de connexion entre entités et sphère d'influence du plus proche voisin



La sphère d'influence relie deux points si leurs « cercles du voisin le plus proche » se coupent. Le « cercle du voisin le plus proche » d'un point P est le plus grand cercle centré en P et qui ne contient pas d'autres points que P. Cette sphère d'influence est généralement située à un rayon au-delà du cercle d'influence du point. On suppose ici que les entités observées sont toutes du même type et forment approximativement des sphères de rayon  $R > 0$ .

Deux sphères comparables sont proches voisines, si leur distance de séparation est égale à leurs deux rayons. Il est clair que deux points ne peuvent pas être plus proches que d'une distance  $2R$ . Ne sont prises en compte dans le domaine naturel que des sphères d'influence comparables.



**Exemple :** on considère que la sphère d'influence du plus proche voisin du pion jaune est située à une distance maximum de 2 rayons de ce pion. Les pions roses font partie de cette sphère d'influence. Les pions bleus en sont exclus.



**Illustration :** plaque de chocolat parsemée de billes croustillantes de trois chocolats (blanc, noir et au lait). La distribution aléatoire de ces billes obéit à la règle du « pas plus de quatre » en tenant compte de leur sphère d'influence (distance de 2 rayons des billes).

On constate que la distribution spatiale de ces entités obéit à la règle du « pas plus de quatre », c'est-à-dire qu'il existe une connectivité spatiale pour laquelle un objet ne peut être en contact avec plus de quatre autres objets.

On notera que cette distribution spatiale possède une invariance d'échelle et donc un caractère fractal, mais seulement dans un domaine de taille limité. On pourra donc trouver des similarités en observant le système à différentes échelles, mais on ne pourra pas se placer à une échelle plus petite que celle des molécules, ni plus grande que la taille du système.

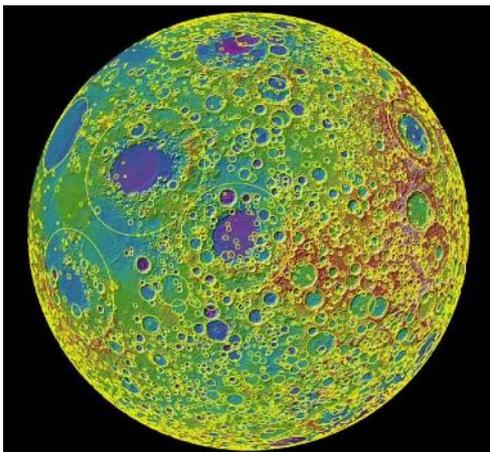


**Illustration** : l'apparente complexité de la distribution des bulles d'une boisson (ici chocolat au lait) est conforme à la règle du « pas plus de quatre » selon la distance d'influence (2 rayons). Elle manifeste une complexité élevée conditionnée à une invariance d'échelle.

On trouvera ci-dessous des exemples non exhaustifs de distributions spatiales qui sont bien modélisés par la règle du « pas plus de quatre » :

- Arts** : peinture (pointillisme, couleurs), musique (motifs musicaux), littérature (lettres, mots) ;
- Agriculture** : emplacement des animaux, des plantes, distribution des cultures ;
- Anatomie** : analyse de la variabilité anatomique d'un spécimen ;
- Archéologie** : croissance démographique d'une cité humaine ;
- Astronomie** : connectivité de la toile cosmique, distribution des galaxies dans l'Univers, distribution des impacts des cratères sur la Lune ;
- Biologie** : emplacement des nids (oiseaux, insectes), croissance cellulaire et morphogénèse, distribution des cônes de visions des couleurs dans l'œil des oiseaux ;
- Biométrie** : reconnaissance d'empreintes digitales ;
- Botanique** : biodiversité des espèces animales, réseau racinaire ;
- Commerce** : implantation des différents commerces et industries ;
- Criminologie** : cartographie des différents types criminalité, liens avec la localisation ;
- Chimie** : réactions de chimie organique et de chimie inorganique, polymérisation ;
- Cytologie** : dénombrement et distribution spatiale de cellules tumorales ;
- Défense** : stratégie, tactique, infiltration en zone ennemie ;
- Dermatologie** : détection et quantification de l'hyperpigmentation de la peau, taches de rousseur ;
- Écologie** : répartition des champignons, des lichens, des industries polluantes, des espaces écologiques, des parcs naturels, des ZNIEFF, des pollutions, des cultures, de la Houle (séquences de 4 vagues parfaites) ;
- Épidémiologie** : évolution d'une épidémie, cartographie des clusters ;
- Gastronomie** : distribution des taches sur les crêpes, des bulles et des mousses dans les alcools, des trous dans le pain et le gruyère ;
- Génie des matériaux** : positions de défauts dans des matériaux industriels ;
- Génie des procédés** : émulsions peintures, encres, aliments, crèmes, lotions, condensats ;
- Géographie** : positions des établissements humains ou des villes, phénomènes d'érosion, emplacement des montagnes, distribution des sommets, des cours d'eau ;
- Géologie** : découverte et lieux d'extraction de minerais ;
- Histoire** : cartographie des Trésors, des lieux de patrimoine, des champs de bataille, des trous d'obus ;
- Histologie** : classification et graduation de tissus cancéreux ;
- Juridique** : droits des héritiers ;
- Matériaux** : agrégation des suies, hétérogénéité des granulats, des minéraux ;

**Métallurgie** : optimisation de procédés de traitement de poudres ;  
**Médecine** : distribution et développement des cancers, propagation des cellules tumorales ;  
**Météorologie** : étude des précipitations dans une région, des impacts de foudre ;  
**Minéralurgie** : localisation des gisements de minéraux,  
**Neurologie** : quantification, altération et répartition des neurones ;  
**Plasturgie** : cristallisation de polymères ;  
**Pharmacologie** : analyse de la distribution des vésicules synaptiques dans les échanges neuronaux en relation avec une médication ;  
**Physique** : nucléation et croissance cinétique, cristallisation, diffusion, agrégation, percolation, série de vagues maritime, condensation de gouttes, conductivité ;  
**Pétrographie** : découverte des gisements et d'extraction du pétrole et du gaz ;  
**Réseaux** : implantation des réseaux d'énergies ;  
**Sciences des matériaux** : caractérisation des milieux fibreux, granulaires et poreux ;  
**Sport** : comportement (placement) des joueurs dans les sports collectifs ;  
**Sociologie** : groupes humains, affinités, organisation d'une foule ;  
**Sylviculture** : cartographie d'implantation des arbres, distribution des trous des Pics-verts et des xylophages dans le bois ;  
**Séismologie** : répartition des épicentres des séismes ;  
**Télécommunications** : architecture des réseaux de communication ;  
**Urbanisme** : évolution des villes, organisation des rues, développement des réseaux de transport ;  
**Zoologie** : organisation des colonies d'oiseaux, d'insectes, cartographie des taupinières, des terriers, distribution des vers de sable sur les plages, des coquillages sur les rochers.



**Illustration** : distribution des cratères sur la Lune (Nasa).



**Illustration** : foule en « pas plus de quatre » (Tokyo).

Ce modèle de distribution lié à la règle du « pas plus de quatre », sous-entant une dynamique évolutive complexe qui permet l'apparition de phénomènes d'auto-organisation et d'émergence.

Un essaim d'abeilles, un banc de poissons, un vol d'étourneaux, une course de cyclistes sont des exemples caractéristiques de comportement émergent lié au « pas plus de quatre ».

L'abeille, le poisson, l'oiseau et le cycliste, savent s'adapter au milieu d'un groupe (essaim, banc, peloton). Ils peuvent modifier leur structure interne en réponse à des changements rapides de leur environnement proche. Cela leur permet de survivre et d'apprendre.

Quatre paramètres essentiels, permettent le déplacement de chaque individu, qui ne réagit qu'aux mouvements liés à leur environnement proche, car il ne peut pas examiner la globalité du groupe.

Il réagit donc en fonction des mouvements de ses voisins en maintenant un rayon du cercle de voisinage et une vitesse similaire : **Séparation** (répulsion) : si l'individu est trop proche de ses voisins, il s'en écarte pour éviter les collisions. **Alignement** (orientation) : alignement dans la direction du

déplacement des individus qui l'entourent pour rester groupé. **Cohésion** (attraction) : cohésion pour aller vers la position moyenne des individus qui l'entourent pour former un groupe. **Angle mort** (derrière), dans lequel l'individu ne peut pas percevoir ses voisins.



**Illustration** : « intelligence collective » en « pas plus de quatre » d'un banc de poisson.

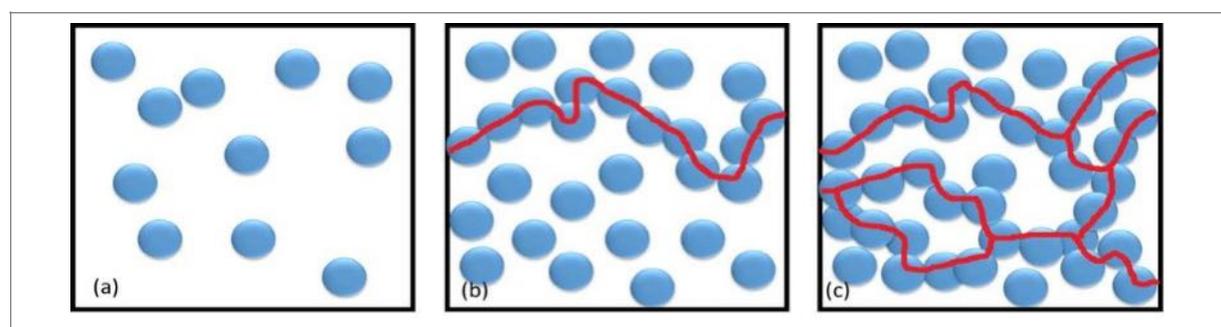
Il en ressort sur ces exemples simples, mais on pourrait montrer la même chose avec des micro-organismes (bactéries, champignons, moisissures) qui utilisent alors des médiateurs chimiques, que le comportement global du système est la résultante de la totalité des interactions des individus. Et, qu'une règle simple sous-jacente permet de régir des systèmes complexes.

On le voit, la règle du « pas plus de quatre » semble contrôler la distribution et la connectivité spatiale de nombreux processus complexes. Aussi, on peut s'intéresser à la dynamique de ces systèmes en prenant pour exemple le phénomène de la percolation.

### La percolation

Le concept de percolation dont l'expression la plus simple est le passage de l'eau dans une mouture de café, permet une description statistique des systèmes constitués d'un grand nombre d'objets qui peuvent être reliés entre eux. Dans ces systèmes, la communication à grande distance est : soit possible, soit impossible suivant le nombre d'objets et de liaisons.

Quand le nombre d'objets liés augmente progressivement, une connexion va émerger subitement. Il existe un seuil critique de transition ( $P_c$ ) qui conditionne la propagation et qui correspond justement à la règle du « pas plus de quatre ».



**Illustration** : représentation de l'effet de percolation par création de réseau dans des matériaux composites : (a) avant le seuil de percolation, (b) au seuil de percolation et (c) après le seuil de percolation.

Par exemple, en introduisant, sur un plan quadrillé, l'objet d'étude dans une cellule située au centre d'un voisinage de Moore (environnement immédiat de 8 cellules) et en appliquant la règle du « pas plus de quatre », c'est-à-dire que l'objet étudié ne peut pas être entouré par plus de quatre autres objets sans qu'il y ait une transition de phase (4 sur 8 cellules,  $P_c=0,5$ ) ; on obtient un chemin d'évolution qui pourrait apparaître comme aléatoire. Le même processus peut être utilisé dans des dimensions supérieures à l'infini.

Le concept de percolation (voire de Diffusion) permet de décrire aujourd'hui de nombreux phénomènes physiques (incendie), biologiques (propagation de maladie) ou sociologiques (propagation de l'information, infiltration dans un système, réseau de communication).

La règle du Pas plus de 4 étant « robuste » dans un grand nombre de processus, elle s'avère d'une efficacité redoutable pour détecter les fraudes (par exemple erreur graphique dans le dessin d'une craquelure, d'un processus de percolation, de diffusion, etc.).



**Illustration** : infiltration de taupes dans un champ.  
Un exemple de percolation en « pas plus de quatre » de galeries de taupes.

### 3 – Modèle Abak®

#### De la simplicité émerge spontanément de la complexité

Afin de modéliser et de bien visualiser ces processus, nous proposons de nous appuyer concrètement sur le concept du jeu Abak®, un jeu de pion combinatoire abstrait créé en 2015.

Ce jeu, qui possède une mécanique unique au monde dans toute l'histoire des jeux, est basé exclusivement sur la règle du « pas plus de quatre ». Il fait l'objet de recherches avancées dans les domaines de la cryptographie, de la topographie et en ludologie.

La modélisation des systèmes complexes via le concept de l'Abak® comme support à la règle du « pas plus de quatre », n'a pas d'autres ambitions que de fournir une représentation schématique d'un processus qui permet de substituer un système plus simple au système naturel. Car nous pensons que l'Univers est peut-être régi par quelques règles élémentaires comme celle que nous proposons après. En d'autres termes, notre intention n'est pas tant de construire une théorie sur la modélisation de la complexité de la Nature, mais de nous servir des observations et des résultats obtenus dans un grand nombre de domaines pour proposer un modèle Abak® qui facilite notre analyse en effectuant une série de réductions et de simplifications réfléchies.

#### Modèle – équation Abak®

La plupart des lois physiques découvertes sont des traits émergents de comportements à grande échelle issus de règles sous-jacentes. Abak® est peut-être justement une de ces règles sous-jacentes. On montre qu'il n'est pas besoin d'utiliser des lois compliquées pour faire des choses complexes. Partir d'un phénomène naturel et retrouver la ou les règles sous-jacentes qui lui ont donné naissance,

n'est cependant pas simple. L'univers est constitué d'objets qui évoluent en permanence dans une structure complexe l'espace-temps. Abak® a été largement testé dans une matrice à deux dimensions et des simulations sur calculateurs permettent d'évaluer sa robustesse dans des dimensions supérieures (3D, 4D).

L'équation révèle des schémas profonds et dévoile certaines caractéristiques vitales du monde qui nous entoure. Elle codifie des informations, exprime certaines propriétés de l'univers et permet d'appréhender les secrets les plus intimes de la Nature. Elle nous conduit à prendre conscience qu'une équation simple peut engendrer des dynamiques très complexes et qu'un comportement apparemment aléatoire peut dissimuler un ordre caché.

Dans Abak®, la configuration adoptée par l'objet d'étude dans son futur dépend de deux paramètres : le moment pour lequel on considère la configuration et la situation qui se réalisera parmi toutes celles qui sont possibles. Un tel phénomène se décrit donc par une fonction qui associe le temps (**t**) et une situation (**ω** oméga), un scénario possible. En fixant une situation, on obtient une fonction qui décrit l'évolution du phénomène si cette situation se réalise ou pas. Il y a donc une idée de mouvement (le temps) et de processus stochastique (aléatoire déterministe ou non).

La théorie des probabilités peut décrire ainsi tout un processus aléatoire pour l'ensemble (**Ω** Oméga) des situations qui peuvent se réaliser. C'est l'ensemble des connexions établies lors de l'avancement d'une unité de temps qui décrit de fait entièrement le processus.

$$\Delta = (1 + \Sigma \Omega) * \epsilon$$

Cette équation (Luc Chanteloup, 2015) donne la description d'un potentiel de transition (donc une statistique). S'il augmente, alors il y a changement d'état (transition de phase, percolation, changement de l'état du système). Cette équation se généralise à plusieurs dimensions.

**Ω** (oméga majuscule) désigne l'évènement certain (ou l'univers) en probabilités. De manière plus générale, toute partie de l'univers **Ω** est appelée un évènement.

**ΣΩ** : La somme des états de l'univers. C'est l'ensemble de toutes les issues (résultats) pouvant être obtenues au cours d'une expérience aléatoire ou non. C'est ici que se déclinent les principales formes d'énergies (électromagnétique, thermodynamique, mécanique classique et mécanique quantique, relativité, équation de Schrödinger, ...). Leurs importances relatives est fonction de leurs propriétés intrinsèques (par exemple leur importance décroît avec la distance).

**ε** : facteur de stochasticité. C'est l'élément aléatoire des processus stochastiques, (mouvement brownien, processus de Markov...).

Le concept de l'Abak® est en accord avec les principes de la thermodynamique (conservation de l'énergie, principe d'évolution, création d'entropie, invariance d'échelle, symétrie, etc.). L'équation proposée constitue l'expression des propriétés de ces systèmes. Elle peut être directement exportée pour une utilisation algorithmique.

Cette équation et, ce qui en découle, est caractérisée par une certaine universalité. C'est-à-dire qu'elle est la manifestation d'une structure mathématique sous-jacente commune à des phénomènes ou à des situations physiques apparemment différentes qui régit les interactions entre les objets et les êtres vivants. Elle se différencie des autres équations mathématiques qui décrivent des domaines limités de la nature sans saisir la structure profonde du réel. Car, si la nature obéit à des lois, celles-ci ne sont peut-être pas forcément exprimables sous forme d'équations mais plutôt sous la forme d'algorithmes.

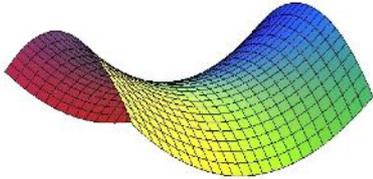
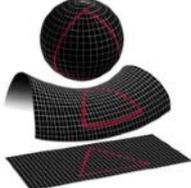
Abak®, et son unique règle du « *pas plus de quatre* » sous-jacente, possède d'innombrables applications dans tous les champs des sciences. Son concept permet de comprendre la dynamique des systèmes naturels complexes, que l'on peut retrouver dans la vie sur Terre ou des atomes, des

minéraux, des planètes et des étoiles, qui évoluent vers des états toujours plus structurés, plus diversifiés et plus complexes. Abak® montre que cette évolution amène la Nature à faire de nouvelles combinaisons d'atomes, de molécules, de cellules, etc. Les combinaisons qui s'avèrent stables (règle du « pas plus de quatre »), peuvent à leur tour, engendrer encore plus de nouveauté et continueront ainsi à évoluer (chemins évènements). Finalement, les systèmes possèdent des informations fonctionnelles accrues qui conditionnent leur évolution.

Notre proposition demeure une aide puissante à la pensée et aux actes de l'homme pour lui servir de guide dans l'exploration de son environnement. Elle peut aussi contribuer à établir une passerelle cohérente entre l'infiniment petit et l'infiniment grand, sans toutefois obérer les difficultés à obtenir une réalité objective et universelle de la Nature. En établissant un lien dynamique entre l'espace, le temps et la matière, elle peut permettre de proposer une cosmologie originale.

### Modèle de l'équation : parabolôïde hyperbolique

L'équation de l'Abak® peut être modélisée comme une surface parabolôïde hyperbolique possédant une forme caractéristique de selle de cheval ou de chips tuiles (Pringles®). Le modèle mathématique est une surface de translation obtenue en faisant glisser une parabole sur une autre parabole en tournant sa concavité dans la direction opposée.

	
<p><b>Illustration</b> : l'équation de l'Abak® peut être décrite par un parabolôïde hyperbolique.</p>	<p><b>Illustration</b> : le passage d'un espace quadrillé (type Abak® en bas) à un tore (Donuts en haut) peut se faire via un parabolôïde hyperbolique.</p>

## 4 – Cosmologie

### Une cosmologie descendante

C'est une démarche très ancienne que de s'interroger sur la nature de la matière, de l'espace et du temps. À ce jour, plusieurs modèles ont été proposés en tenant compte de l'état de l'Univers tel que son observation nous le révèle et en accord avec les lois physiques que nous connaissons.

Selon le modèle standard de la cosmologie, notre Univers ne cesse de s'étendre depuis son apparition, il y a près de 13,7 milliards d'années. Avec lui, une unique flèche de temps impose implacablement son destin à l'énergie primordiale de l'Univers : un refroidissement continu jusqu'à la dispersion totale de toute la matière dans le vide. On devrait plutôt parler de flèche entropique du temps, tant la formulation scientifique est liée à l'entropie, autrement dit au désordre toujours croissant de la matière, qui impose à une tasse de thé brûlante de se refroidir, à nos corps de vieillir ou encore aux nuages de se dissiper. La singularité du temps zéro, antérieure au temps de Planck (de bien peu,  $10^{-43}$  seconde) demeure dans les modèles, mais ne correspond à aucune réalité physique descriptible.

Nous proposons un concept où le « Big bang » ne serait plus une singularité absolue défiant les lois de la physique, mais une simple contraction de la matière sous l'effet des quatre forces élémentaires de la nature. Et, depuis cette phase compacte, la matière ne se serait pas seulement projetée dans un, mais dans plusieurs univers séparés.

Ainsi, il n'y aurait pas un, mais plusieurs futurs. Plusieurs flèches de temps distinctes, plusieurs lignes temporelles différentes le long desquelles passé, présent et futur s'ordonneraient séparément. Ces

flèches seraient nées ensemble, à un instant et en un point. De ce point, et de part et d'autre de ce point, plusieurs flèches de temps pointeraient dans des directions différentes.

Le moteur principal de l'évolution de ces Univers ne serait pas forcément la thermodynamique mais la force gravitationnelle, celle qui met en mouvement poussières, étoiles et planètes. Ce ne serait pas le désordre qui augmenterait dans ces Univers, c'est la complexité des structures qui s'y formeraient. Ainsi, à partir de ce que l'on appelle le « Big bang » s'écouleraient des Univers séparés, qui partageraient le même passé, dans lesquels le temps ne serait qu'une pure illusion du mouvement.

Les univers ne seraient liés que par leur singularité initiale commune, notre modèle permet aux univers d'interagir directement en tous points, uniquement par la gravitation dans une extension de la relativité générale.

### Modèle microscopique

Lorsque l'on pose un pion sur une case d'un plateau de jeu Abak®, le geste est fondamental et « historique ». Le pion se matérialise par un point dans cet espace. Il porte une histoire. C'est d'abord un passé qui trouve son origine dans les pions déjà présents dans cet espace de jeu et dans l'histoire de la partie en cours jusqu'au moment de sa pose. Il possède un futur en maturation dans le cerveau du joueur selon la tactique envisagée.

Pour décrire le modèle proposé, le plus simple est de s'inspirer de l'espace-temps de Poincaré-Minkowski, un espace mathématique affine pseudo-euclidien à quatre dimensions, modélisant l'espace-temps de la relativité restreinte. Ce modèle reprend les propriétés géométriques de cet espace qui correspondent à des propriétés physiques présentes dans la théorie de la relativité.

Concrètement, l'observation de chaque pion présent sur le plateau de jeu, peut être résumée à une structure fondamentale invariante. Cette structure est déterminée par la partition de l'univers en trois domaines constitués par les événements reliés causalement à l'observateur ou non.

Le point de l'observateur (O) est une section de l'espace-temps à un temps « t » donné réduit à un point, une sorte de présent inaccessible. De part et d'autre de ce point (O), deux univers se déploient. Le passé et le futur absolu du pion est constitué d'événements susceptibles d'influencer O (passé du pion ou de l'observateur) ou d'être influencé par O (futur du pion ou de l'observateur).

Ces zones sont situées à l'intérieur d'un cône de sommet O qui les sépare du reste de l'univers (un Ailleurs) inaccessible à notre observateur.



**Illustration :** la projection sur un plan en 2D de cet espace nous donne à voir une cellule du plateau de jeu Abak®. Le point « observateur » (O) constitue le Présent. Les deux cônes situés de part et d'autre de ce point « O » contiennent les événements passé et futur.

Les génératrices de ce cône (l'intérieur du cône) peuvent être considérées comme l'ensemble des histoires possibles (qui ont eu lieu dans le passé, et/ou qui auront lieu dans le futur). À l'intérieur du cône sont répertoriées les informations « ce qui se connecte à quoi » pendant un espace-temps. (On peut choisir par exemple un évènement « O » dans l'espace-temps. Le futur cône lumineux en O contient tous les évènements de l'espace-temps qui découlent de O).

Si nous faisons l'hypothèse que tous ces évènements causaux se propagent à une vitesse égale ou inférieure à la vitesse de la lumière, nous concluons que ce sont tous les évènements que nous pouvons affecter de manière causale de O.

Plus simplement, si vous êtes en O, les évènements dans l'avant du cône de lumière ne sont que les évènements que vous pouvez atteindre avec un signal physique, comme une particule ordinaire ou un flash lumineux que vous pouvez émettre.

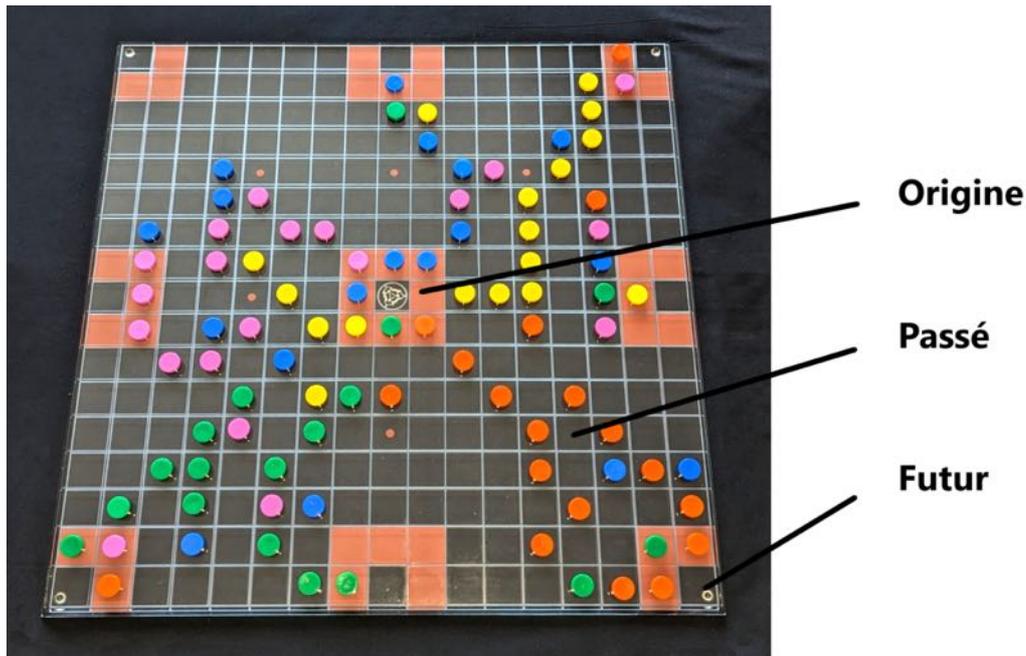
La région restante de l'espace-temps en dehors des cônes de lumière passés et futurs est une nouvelle sorte de région qui n'apparaît pas dans les espaces spatiaux prérelativistes. C'est une région « ailleurs ». Cette région collecte tous les évènements qui ne peuvent pas être connectés à l'évènement O. C'est-à-dire que ses évènements sont « séparés de manière spatiale » de O.

C'est là que pourrait résider une 5<sup>ème</sup> dimension. Dans le modèle macroscopique, cette 5<sup>ème</sup> dimension, invisible aux humains, pourrait expliquer la nature de la matière noire.



**Illustration** : modélisation expérimentale du concept de l'Abak® à l'aide d'un canal d'air ionisé sous très haute tension (émission thermoïonique par effet tunnel, LC/IHST).

Un chemin d'ionisation parmi d'autres a été sélectionné dans le Passé pour arriver en position « O » (celle de l'observateur situé dans le Présent). Plusieurs chemins ou évènements Futurs sont envisagés, mais un seul soumis à un processus de percolation sera valide. L'équation Abak® proposée mathématise les processus impliqués.



**Illustration** : partie d'Abak® sur plateau en verre gravé.

En 2 dimensions (ici le plateau), il existe un point origine ou « singularité » (centre entouré de zone colorée), un Passé Présent (cases intermédiaires) et un Futur (zone périphérique avec une autre singularité).

Le « Big bang » (la singularité) est situé au centre du plateau (zone blanche située à l'intérieur de la zone colorée). Le passé et le présent sont situés dans les cases intermédiaires. Leur discrimination est apportée par une flèche du temps qui correspond à l'avancement de la partie. Le futur est situé aux bords extérieurs du plateau (périphérie). Les cases colorées de la périphérie correspondent à une contraction de l'univers vers une autre singularité. Le cycle peut ainsi recommencer à l'infini.

Dans un processus macroscopique, l'information utile pour la prédiction du futur (qui se situera dans les cases d'arrivée du jeu) est dépendante des états antérieurs.

En revanche, pour un processus microscopique, l'information utile pour la prédiction du futur est entièrement contenue dans l'état présent du processus et n'est pas dépendante des états antérieurs. Le système n'a pas de « mémoire ».

Le passé prend place entre le centre et la périphérie du plateau. On peut y voir une analogie avec le parcours et les vicissitudes d'une vie humaine, entre sa naissance et sa mort. Le Passé est donc constitué de chemins événements possibles. Il est conditionné par le présent et l'observation que nous en avons faite, car seulement un chemin événement et un seul, reste visible dans la cosmologie descendante proposée.

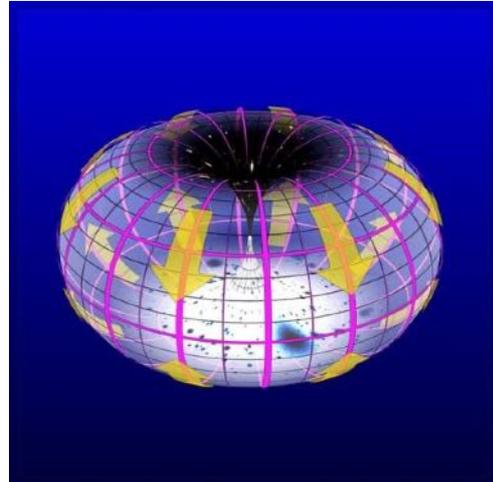
Jusqu'à l'avènement de la physique quantique, on pensait que les lois étaient immuables et indépendantes et bien ajustées pour donner les conditions favorables à l'apparition de la vie sur Terre. Or, la physique quantique, qui régit le monde de l'infiniment petit, montre que c'est la mesure qui fait le résultat de l'observation. En cosmologie, on ne s'intéresse qu'à la seule relativité générale d'Einstein, qui décrit l'attraction gravitationnelle comme une déformation de l'espace-temps.

Mais, au premier instant de l'univers, celui-ci était si petit et si dense, que ce sont les effets quantiques qui doivent être pris en compte.

En pratiquant une observation, on sélectionne une histoire cohérente. Donc, une histoire où la vie apparaît forcément. Le Passé dépend de l'observation du Présent.

Ce processus n'est pas s'en rappeler la théorie de l'évolution de Darwin. On constate que la vie telle que nous la connaissons aujourd'hui est le produit de lois et d'une histoire particulière. De même que

pour un généalogiste qui recherche ses ancêtres, il est forcément issu d'une histoire particulière, mais qui obère les autres branches de son arbre qui n'ont pas donné de descendance. Il est facile de comprendre que si le Passé est conditionné par le Présent, le Présent ne peut toutefois pas modifier le Passé. Aucune information ne remonte le temps. L'observation nous montre seulement de manière rétroactive ce qui s'est passé auparavant.



**Illustration** : Abak® torique. L'Abak® est au départ un système plat (2D). Mais, un modèle Abak® doublement réglé à partir d'un hyperboloïde de révolution, permet d'obtenir un tore (3D) avec un point origine ou singularité (zone couleur au centre), un passé, un présent et un futur (zone couleur périphérique) qui retourne à l'origine (singularité). Un nouveau cycle peut alors recommencer.

### **Hyperspace**

Il en est de même avec notre proposition de cosmologie via le concept Abak®. Le vainqueur du jeu ne sélectionne qu'un chemin événement gagnants respectant l'unique règle du « pas plus de quatre ».

On peut imaginer que la case d'arrivée du plateau de jeu constitue une autre singularité émergeant dans un autre univers (multivers). Ce serait le modèle d'un univers fini correspondant bien mieux aux observations du fond cosmologique que le modèle de l'univers infini. On suppose alors, que notre monde coexiste avec de nombreux autres univers, qui se divisent continuellement en univers divergents, différents et inaccessibles entre eux. Ces mondes contiennent une version unique de chaque personne (l'observateur) qui vit une situation différente au même moment du temps au regard de son passé.

À l'approche d'un nouveau cycle, la théorie de la relativité (gravité) qui décrit l'infiniment grand tend à fusionner avec la théorie quantique qui décrit le monde de l'infiniment petit. Dans ce processus d'unification, le temps disparaît et la perte d'information paraît irrémédiable.

Comme nous avons vu précédemment, l'équation Abak® peut être décrite comme un paraboloid hyperbolique. Lorsqu'on double cette surface réglée, on obtient un hyperboloïde de révolution (en forme de cheminée de centrale nucléaire).



**Illustration** : l'équation Abak® peut être décrite sous la forme d'un hyperboloïde de révolution doublement réglée (torique). C'est précisément la forme que pourrait adopter un trou noir, une singularité et déboucher sur un autre univers en expansion.

Dans le modèle Abak®, il existe des zones « arrivée » situées à la périphérie qui peuvent être des sorties et des entrées dans l'espace de notre Univers, l'équivalent de trous de ver dans l'espace-temps. Ils sont des solutions aux équations de la Relativité Générale d'Einstein. Ces trous de ver se manifesteraient, d'un côté, comme un trou noir, et de l'autre côté, comme un tour blanc.

Un scénario se dessine. La matière s'effondre dans les trous noirs (singularité). Le temps semble s'arrêter et l'espace se déchirer. Puis, dans leurs profondeurs, elle émerge dans les trous blancs, où le temps est renversé. Nous sortons dans le futur. Ces trous blancs constitueraient le destin ultime des trous noirs et si rien ne peut sortir de l'un, rien ne peut entrer dans l'autre.

Selon la théorie de la gravitation quantique à boucles, le « Big Bang » devrait peut-être être remplacé par un grand rebond et qu'une phase de contraction aurait alors précédé l'expansion de l'univers dans laquelle nous nous trouvons en ce moment.

Ces trous de ver peuvent donc être visualisés comme des tunnels reliant des endroits lointains dans l'espace-temps. Ces trous de ver posséderaient chacun une entrée et une sortie dans l'espace de notre univers, mais le « tunnel » qui relierait l'entrée et la sortie serait situé dans un espace en dehors de notre Univers appelé « hyperspace ». L'accessibilité du « tunnel » serait infiniment courte ( $10^{-43}$  seconde), et ne permettrait pas à un voyageur de remonter dans le passé. Ces trous de ver, reliant des régions éloignées de l'espace-temps, pourraient faciliter une communication à l'apparence plus rapide que la lumière. Ceci permettrait d'expliquer l'intrication quantique, ou des paires de particules peuvent rester interconnectées peu importe la distance qui les sépare.

<p><b>Illustration</b> : dans le modèle Abak®, Les trous de ver sont situés à l'intérieur des cases colorés. Elles restent donc inaccessibles.</p>	<p><b>Illustration</b> : le trou de ver (constitué d'un trou noir et d'un trou blanc) peut être visualisé comme un raccourci à travers l'espace-temps.</p>

### **Immortalité quantique**

Si le trou noir provoquait une perte d'information, on pourrait alors constater une diminution de l'entropie totale du monde observable, ce qui n'est pas envisageable. Cependant, un trou noir possède par lui-même une certaine entropie et qu'un objet plongeant dans celui-ci va lui donner sa propre entropie, augmentant ainsi celle du trou noir d'au moins une telle quantité. Il y aurait donc bien une augmentation d'entropie.

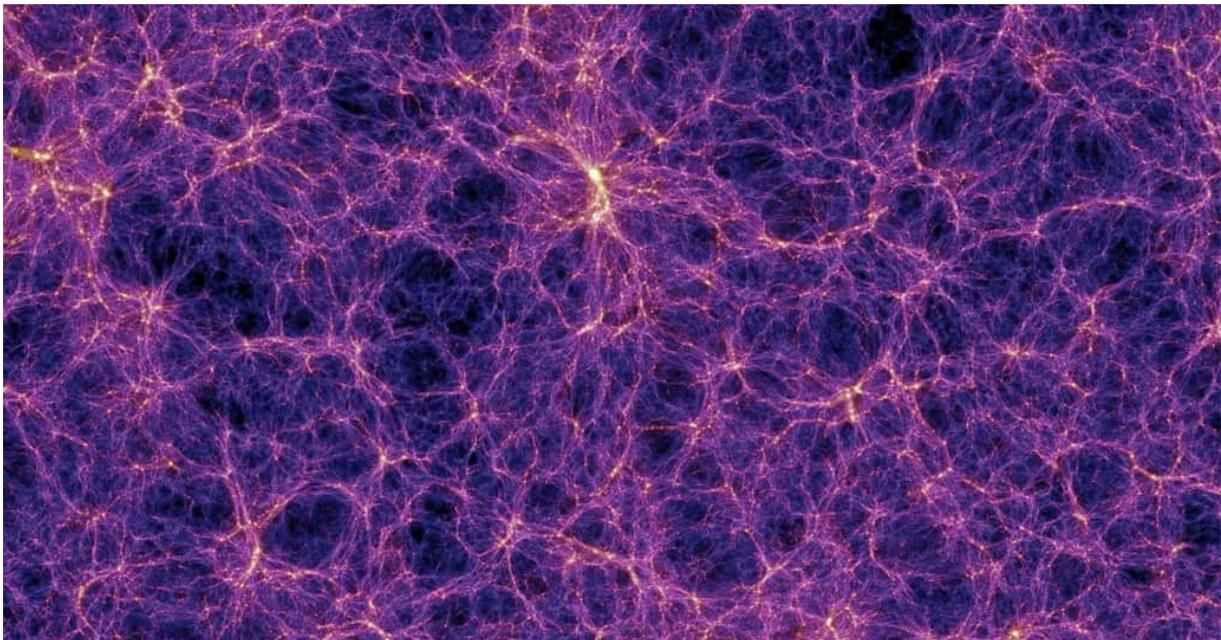
L'information existerait donc toujours sous cette forme dans les liens futur passé. On peut ici entrevoir l'immortalité quantique qui remet en question notre compréhension de la réalité, en suggérant que celle-ci n'est pas unique et absolue, mais multiple et relative.

Le concept est à la fois fascinant et effrayant. Il soulève de nombreuses questions philosophiques profondes et troublantes sur l'identité et la continuité de la conscience, mais aussi les questions d'éthiques cruciales sur la valeur de la vie et la signification de la mort. Les risques potentiels des découvertes technologiques qui pourraient en découler ne doivent pas être obérés.

### **« Pas plus de quatre », entre chaos et harmonie de l'Univers**

Au moment du « Big Bang » (singularité), il n'y a pas de temps, ni de lois physiques. Peu après, dans l'évolution de cet univers en expansion la formation des galaxies s'opère. L'observation du Cosmos, selon le modèle physique consensuel appelé modèle  $\Lambda$ CDM, montre que les galaxies sont organisées en réseau similaire au réseau neuronal du cerveau. La connectivité spatiale de la toile cosmique comprend des amas de milliers de galaxies qui sont connectés par des nœuds reliés entre eux par des filaments de matière eux-même tissés de galaxies. Le nombre moyen de connexions de chaque nœud du réseau cosmique est d'environ 4...

Abak® et la règle du « pas plus de quatre » révèle-t-elle un système intimement harmonieux et hautement finalisé régnant dans l'univers ?



**Illustration** : toile cosmique avec, en moyenne, quatre connexions par nœuds  
(Max Planck Institute for Astrophysics, Millennium Simulation Project).

(\*) NB : le terme d'Univers employé ici est défini selon la pratique usuelle en cosmologie physique. Il ne définit pas un « tout entier » unique, mais « notre » univers observable, qui contient tout ce qui a pu exercer une influence sur la Terre et dont le rayon est de l'ordre de 45 milliards d'années-lumière.

Chimiste et historien, Luc Chanteloup nous fait découvrir le concept de l'Abak®. Il nous propose un Univers fait d'arrangement d'éléments interconnectés, qui fonctionnent avec des règles simples et qui forment un tout unifié.



**Couverture** : toile cosmique, assemblages et structures de galaxies situées à *7 milliards d'années-lumière*, Very Large Telescope de l'Observatoire européen austral (ESO) et Observatoire astronomique national du Japon (Subaru), 2009.