

# Comment la nature fonctionne

*Selon les livres de Per Bak et de Nassim Taleb*

Par Claude Petitpierre

## Introduction

Lorsque je visitais le Grand Canyon aux USA, j'ai été frappé par cette remarque : le canyon n'a pas été formé par une érosion progressive, mais par des éboulements de roches minées par les eaux et les intempéries. Cela me paraissait à la fois normal et nouveau. Dans cette présentation, je vais montrer ce que les mathématiques peuvent nous apporter dans l'étude de tels phénomènes et les limites qu'on atteint rapidement dans la modélisation du comportement des systèmes complexes tels que les tremblements de terre, l'économie, la bourse, la vie ou même le fonctionnement de tas de sable artificiels. Les livres de Per Bak et de Nassim Taleb parlent de l'importance des événements rares (krach, guerre, pandémie) et la façon de les appréhender.

Notre monde dépend de processus élémentaires qui peuvent être modélisés. Cependant pour établir comment ils se développent pour aboutir à un état particulier, il faudrait en connaître les paramètres exacts. Et cela pour chacun des éléments impliqués dans la construction étudiée, et ils sont en quantité incommensurable.

Les lois de la physique sont simples, en tout cas par rapport à la complexité précédemment mentionnée. Prenons par exemple

$$F = ma$$

Cette formule permet de calculer la force nécessaire à accélérer une voiture jusqu'à une vitesse donnée, dans un temps donné. On ne peut que constater qu'elle est capable de résumer un système complexe (une voiture) à une masse globale et de fournir un résultat extrêmement précis, à même de prévoir ce qui va se passer dans le futur immédiat du dispositif à étudier.

La formule de Maxwell

$$\operatorname{div} \vec{E} = \frac{\rho}{\epsilon_0}$$

définit le champ électrique qui se trouve autour d'une charge ponctuelle. Si les mathématiques impliquées dans ce symbolisme sont plus compliquées que celles qui sous-tendaient la première formule, cette deuxième formule permet de construire correctement des objets animés par l'électricité.

La formule  $E = m C^2$  bien que faisant appel à des mathématiques encore plus compliquée, elle paraît, elle aussi, bien élémentaire.

On peut bien étendre l'emploi des formules simples dans des cas homogènes. Ainsi, la physique s'en sort très bien dans l'analyse de cristaux, grâce à leur régularité. Dans une telle étude, on peut évaluer les forces qui s'exercent entre chacun des atomes et ses voisins, qui réagissent tous de la même manière, de sorte qu'en analysant un atome, on en a du même coup analysé des quantités.

Finalement, les états des gaz peuvent être analysés statistiquement, car tous les atomes ou molécules du gaz se comportent en moyenne de la même manière. Il est donc possible de lisser leurs effets individuels et de résumer par un seul nombre la pression ou la température d'un volume de gaz.

Par contre, les systèmes complexes, telle la géologie, l'histoire, une cellule ou un organe vivant, dépendent de milliers d'actions élémentaires qui ne peuvent pas être condensées dans des lois qui homogénéiseraient ces actions en actions globales. Et la complexité est prépondérante dans notre monde.

### **Systèmes complexes**

Bien que la physique ne puisse expliquer comment la nature en est venue à des cellules, même les plus simple, il n'y a jamais eu de preuve qu'un processus métaphysique soit à l'œuvre dans la matière vivante, et qui la distinguerait de n'importe quelle autre matière. On pourrait donc se demander s'il y a une raison fondamentale qui empêche de trouver des lois globales ou si nous ne savons pas découvrir des « lois générales » applicables à la nature et à même de décrire de façon systématique ce que nous y voyons. Y a-t-il des lois particulières qui rendent compte de l'origine de la complexité, ou qui structurent cette complexité ?

On exprime cette relation entre élémentarité et complexité par le nom « d'émergence ». La chimie émerge de la physique, La géophysique émerge de l'astrophysique. La biologie émerge de la chimie et de la géophysique, etc. Cependant, chaque science développe son propre jargon et travaille sur ses propres objets et concepts. Les géophysiciens parlent de plaques tectoniques et de tremblement de terre sans référence à l'astrophysique, les biologistes décrivent les propriétés de l'évolution des espèces sans référence à la géophysique et les économistes décrivent les transactions monétaires effectuées par les humains sans références à la biologie.

Dans la section qui suit, nous allons tout d'abord relever quelques façons habituelles de traiter les phénomènes complexes.

### **Narration ou science**

Per Bak cite le livre de Stephen Jay Gould, « Wonderful Life » : « beaucoup de domaines importants de la nature – cosmologie, géologie et évolution parmi ceux-ci – doivent être étudiés à l'aide des outils des historiens. Dans ces domaines, les méthodes appropriées sont centrées sur la narration, pas sur l'expérience comme on le conçoit habituellement. »

Il n'est évidemment pas possible de soumettre l'évolution ou la paléontologie à des expériences, car on ne peut rien reproduire. On doit donc se rapporter à la narration qui expose une chose après l'autre. Nous pouvons expliquer rétrospectivement ce qui s'est passé, mais nous ne pouvons pas utiliser ces conclusions pour prédire ce qui va se passer dans le futur. C'est ce qu'exprimait Kierkegaard lorsqu'il écrivait : « La vie est comprise rétrospectivement, mais doit être vécue vers l'avenir. »

Les sciences ont été traditionnellement groupées en deux catégories : les sciences de la nature dans lesquelles les événements répétables peuvent être prévus à l'aide du formalisme mathématique exprimant les lois de la nature, et les sciences humaines dans lesquelles seule une séquence factuelle peut être utilisée pour rendre compte de ce qui s'est passé. Certains parlent également de sciences dures et molles, en relation avec les catégories introduites en informatique (hardware et software), avec quelque ironie.

La physique, la chimie et la biologie moléculaire font partie de la première catégorie, alors que l'histoire, l'évolution biologique et l'économie appartiennent à la seconde.

Gould attribue avec justesse la variabilité des choses et donc leur complexité à la *contingence*. Les événements de l'histoire dépendant d'accidents, d'instantanés mystérieux qui conduisent à des événements dramatiques ont fasciné les historiens et inspiré les auteurs de fictions.

Pour prendre un exemple d'aujourd'hui, la mort de George Floyd a déclenché un bouleversement alors que les multiples morts d'autres Afro-américains n'avaient pas provoqué jusque là d'événements de cette ampleur. C'est ce qu'essaie de mettre en évidence ma présentation.

### **Hasard et statistiques**

Un cas où le hasard est particulièrement difficile à prévoir est ce qu'on appelle le chaos. Pour décrire ce chaos, j'emprunte l'exemple suivant au livre « Cygne Noir » de Nassim Taleb. La prévision de l'endroit où une boule de billard aboutira après un certain nombre de chocs avec d'autres boules est rapidement impossible. Un angle très peu différent de l'hypothèse initiale a une petite incidence, après le premier choc, sur la direction de la boule considérée. L'effet est beaucoup plus grand après le deuxième impact, etc. Le mathématicien Michael Berry, a calculé que pour déterminer la direction correcte après le neuvième impact (étant donné des boules parfaites) il faudrait connaître le poids de la personne qui se trouve à côté de la table de billard. C'est ce qu'on appelle parfois l'effet papillon. Gardons toutefois à l'esprit que ce n'est pas l'énergie du papillon qui provoquera un ouragan, mais que suivant les mouvements du papillon, l'ouragan pourra aboutir à un endroit ou un autre par l'amplification chaotique similaire à celle de la boule de billard.

### **Science et pseudoscience**

Comme l'a relevé Karl Popper, la prédiction est notre meilleur moyen de faire la différence entre la science et la pseudoscience. Per Bak étant fortement impliqué dans l'étude des sciences humaines (en particulier l'économie), il se devait de défendre son terrain et de prétendre donc, à raison, qu'il est tout à fait légitime de considérer que les approches permettant de calculer les statistiques de phénomènes complexes font aussi partie de la science. Per Bak rapporte ainsi une conversation avec le susmentionné professeur Gould, qui l'a vexé par son peu de considération envers ses théories.

### **Résultats de mathématiques pragmatiques**

Parmi les phénomènes complexes, un certain nombre d'entre eux apparaissent selon des motifs réguliers, dont les caractéristiques peuvent être analysées. Il n'est par contre pas possible de prédire ni l'heure, ni la magnitude du prochain événement.

Un premier phénomène qui entre dans ces catégories est le tremblement de terre. Les fissures de la croûte terrestre se propagent de proche en proche et, de temps en temps, par effet de dominos, débouchent sur des catastrophes de grande ampleur. Les énergies de ces tremblements de terre sont classées selon l'échelle de Gutenberg-Richter qui a la caractéristique suivante : un tremblement qui libère dix fois plus d'énergie qu'un autre est caractérisé par un nombre d'une unité supérieure. En d'autres termes, on caractérise un tremblement de terre par le nombre de chiffres (1000 est composé de quatre chiffres) qui mesurent son énergie. De plus, sur une très longue période et en moyenne, pour chaque tremblement de terre de degré 7, on observe 10 tremblements de degré 6, 100 de degré 5, 1000 de degré 4 etc.

Cependant, malgré cette régularité, on ne peut conclure qu'un tremblement de degré 6 va survenir après qu'on a compté 1000 tremblements de degré 4 et 100 tremblements de degré 5.

Que peut-on alors tirer de ces références statistiques ? Peut-être de l'humilité devant la nature ? Ou, comme l'écrit Per Bak : « comprendre que nous ne pouvons pas appréhender ces événements. »

Le géophysicien Charles Lyell prétendait que les paysages (montagnes, cours d'eau) évoluaient graduellement et que ce que nous constatons aujourd'hui étaient le résultat de ces lents processus persistants. Les constatations précédentes prouvent le contraire.

La figure de gauche ci-dessous montre le nombre de tremblement de terre en fonction de leurs magnitudes dans une région du sud des États Unis (tiré de Per Bak « How Nature Works », 1987). On y lit bien le caractère logarithmique des nombres : le nombre de 0 de la valeur donne la position sur le graphique.

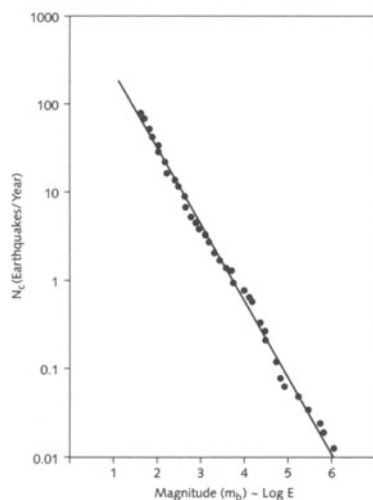


Fig 1. Nombre de tremblement de terre en fonction de leur magnitude

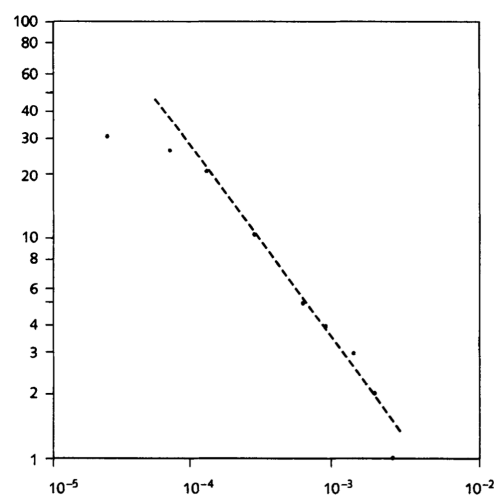


Fig 2. Nombre de mois où un prix du coton a dépassé une certaine fraction

Mandelbrot a analysé les variations des prix de la bourse et en particulier ceux du coton. La figure de droite ci-dessus montre le nombre de mois où les variations relatives excèdent une fraction donnée. Ce graphique n'est pas une exception dans les matières premières.

Notons en passant que Mandelbrot, un ami de Per Bak, est bien connu grâce à ses travaux sur les fractales. Ces dernières présentent également ces mêmes invariances d'échelle. Par exemple si l'on regarde une petite portion de la côte de Norvège (qui est à peu près fractale) elle contient les mêmes irrégularités que la côte elle-même vue d'une plus grande altitude.

Qu'apprennent les économistes de ces courbes ? Rien, selon Per Bak. Et il s'insurge que l'on continue à attribuer des prix Nobel à des économistes qui proposent des modèles basés sur les courbes de Gauss, alors que de telles courbes supposent que les prix varient autour de valeurs moyennes avec des écarts-types.

On peut répéter la même analyse avec l'évolution biologique. Le professeur David Laup de l'Université de Chicago a remarqué que la distribution des événements d'extinction des espèces est semblable aux distributions précédentes. Pour cela, il s'est basé sur les travaux de Jack Sepkoski qui a passé une dizaine d'années dans les librairies à compiler les listes de fossiles de milliers d'espèces marines. Il a divisé l'histoire géologique en 150 périodes de 4 millions d'années et pour chaque période, il a estimé quel pourcentage d'espèces ont disparu. En reportant sur un graphique le nombre de périodes dans lesquelles il y a peu d'extinctions, puis le nombre dans lesquelles il y en a un peu plus, etc. on obtient à nouveau le même genre

de courbe. Mais contrairement à ce que Raup pensait, on ne peut tirer de conclusion à partir d'une quelconque moyenne.

On peut encore rapporter les travaux de Zipf qui a examiné la fréquence d'apparition des mots dans des journaux, dans l'histoire d'Ulysse ou dans la Bible. Il a constaté que le mot « je », placé en dixième position, a une fréquence d'apparition d'un pourcent, le mot de rang 100, « dit » a une fréquence de 0.1 pourcent, etc. Il a aussi examiné les dimensions des villes. En plaçant les valeurs de ces comptages dans des graphiques, on obtient des courbes de même nature que dans les exemples précédents.

### Tas de sable

Pour illustrer ces concepts, Per Bak a imaginé une expérience sur ordinateur : une simulation de quelque chose qui ressemble un peu aux avalanches survenant sur le tas de sable qui se forme dans la partie inférieure d'un sablier.

Vous avez peut-être déjà constaté que le sable du sablier s'accumule gentiment, puis une tache de sable se déplace d'un coup, et l'accumulation régulière reprend. Ainsi les petits déplacements, ou *avalanches*, apparaissent régulièrement, mais plus ils sont grands plus ils sont rares. Si l'on compte combien il y a de grains dans chaque avalanche et que l'on reporte sur un graphique le nombre d'avalanche en fonction du nombre de grains qu'elle contient, on obtiendra un graphique de la forme affichée sur la figure 3, semblable au graphique des tremblement de terre.

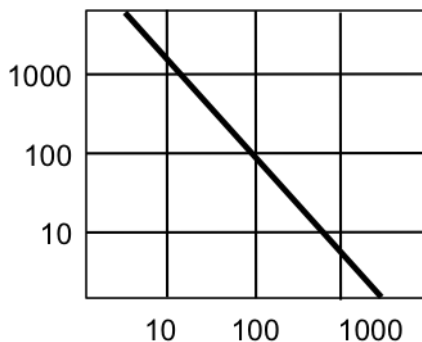


Fig 3. Une droite dans un graphique log /log

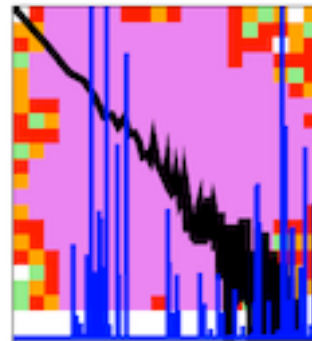


Fig 4. Un tas de sable virtuel. En rose une avalanche. En noir les fréquences en fonction des grandeurs des avalanches et en bleu, les avalanches au cours du temps.

Le programme qui gère un tas de sable artificiel, fonctionne de la façon suivante. Chaque petit carré du damier génère à des temps aléatoires des grains de sable. Quand il y a 4 grains de sable ou plus sur un carré, on prend 4 grains de sable du carré et on en transporte un dans chaque carré adjacent (un au-dessus, un à droite, un au-dessous, un à gauche). Il peut bien sûr arriver qu'un des carrés adjacents contienne à son tour 4 grains ou plus. Dans ce cas, on répète l'opération, et ceci jusqu'à ce qu'aucun des carrés ne contienne plus de 3 grains. Les grains qui débordent du damier le quittent définitivement, ce qui fait qu'au bout d'un certain temps le nombre total de grains dans le damier se stabilise, le nombre moyen de grains créés étant plus ou moins égal au nombre de grains qui tombent en dehors du damier. On définit une avalanche par le nombre de carrés qui éjectent 4 grains lors de la même série de calculs déclenché par le débordement d'un premier carré, et cela jusqu'à ce que qu'aucun carré n'ait plus de 3 grains. On note l'avalanche puis on recrée un grain au hasard.

Le programme est disponible en <http://reconnaissance.ch/Avalanches>

On aura ainsi après avoir généré bon nombre de grains, une liste des nombres d'avalanches, par exemple :

202, 50, 14, 8, 6, 1

Sur la figure 4, on a reporté trois choses différentes. Les carrés dont la couleur indique le nombre de grains (blanc = 0, vert = 1, orange = 2, rouge = 3), les traits bleus (grandeurs des avalanches au cours du temps) et la courbe noire (report des avalanches en fonction de leur grandeur, à partir de 1).

### Evolution des espèces

Per Bak s'est également intéressé à l'évolution des espèces. Ses réflexions portent sur deux types de statistiques : les adaptations de certaines caractéristiques d'une espèce et l'extinction des espèces. Dans le graphique de gauche, on peut voir combien de tranches de 4 millions d'années contiennent un pourcentage d'extinctions donné en abscisse.

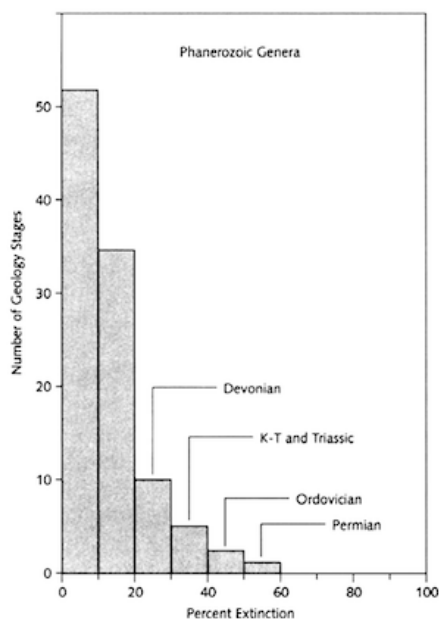


Fig. 5 Nombre de périodes de 4 millions d'années dans laquelle un pourcentage donné d'espèces se sont éteintes

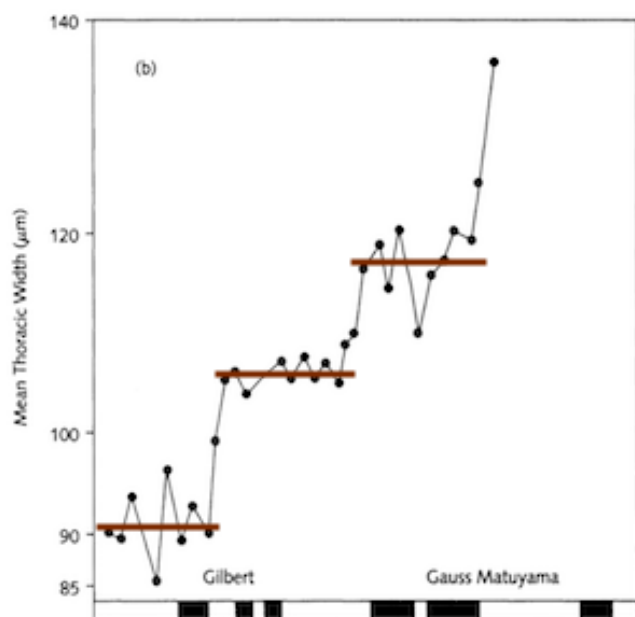


Fig. 6 Largeur thoracique du Pseudocubus verna au cours de 5 millions d'années

On voit que les statistiques montrent un grand nombre de petits pourcentages et qu'un pourcentage de plus en plus grand apparaît de plus en plus rarement. Mais le passage à de plus grands nombres d'extinctions est graduel. On attribue souvent la disparition des dinosaures à une météorite gigantesque, mais il semble que leur raréfaction était bien antérieure. La météorite a accéléré le mouvement, mais de telles extinctions surviennent spontanément par des déséquilibres qui s'amplifient jusqu'à la catastrophe.

À la figure 6 on a reporté la largeur thoracique d'un invertébré (Pseudocubus verna) au cours des millions d'années. On voit sur ce graphique le phénomène de paliers. Il se passe quelque chose à un moment donné (peut-être en relation avec d'autres extinctions), puis l'espèce passe par une phase de stabilité pour un certain temps.

## Simulation de la transformation d'espèces

Per Bak a proposé un modèle artificiel très simple pour voir si ce genre de situations nécessitait des événements extérieurs ou s'il pouvait être généré spontanément par un fonctionnement interne. La figure 7 montre un instantané du résultat d'un programme (disponible sur la page <http://reconnaissance.ch/Avalanches>).

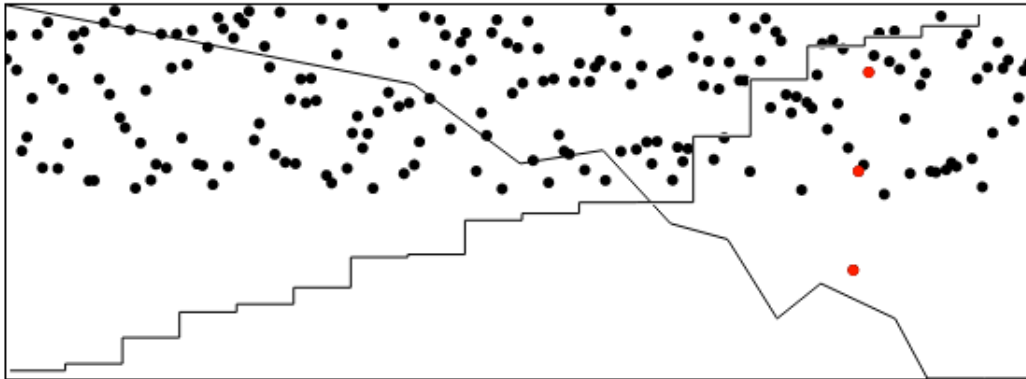


Fig. 7 Degré d'adaptation d'espèces artificielles (les points). La courbe qui part du point inférieur gauche montre les paliers et la courbe qui part du point gauche supérieur, le nombre d'avalanches (nombre fois que l'on recalculé les mêmes points).

Chaque point de ce graphique représente l'adéquation d'une espèce à son environnement. La valeur de cette adéquation est représentée par la position du point, mesurée depuis le bas du graphique. Un point bouge selon une ligne verticale.

L'algorithme est le suivant: partant d'une situation dans laquelle les points sont uniformément répartis, on choisit un point au hasard et on remplace ce point par un point dont la position verticale est choisie au hasard entre 0 et 1, c'est-à-dire entre le haut et le bas du graphique, puis on procède de même avec les deux points adjacents à gauche et à droite.

Ce processus est censé représenter la modification du taux d'adaptation d'une espèce à son environnement (ou l'inverse) et les répercussions sur les deux espèces voisines. Pensez aux grenouilles reliées aux cigognes et aux moustiques. Ou aux crânes rasés des jeunes hommes ou aux longs cheveux des femmes aujourd'hui. Un individu se rase le crâne, puis il est imité par un nombre croissant d'autres jeunes hommes. Tôt ou tard, les femmes se mettront aussi à porter à nouveau les cheveux courts.

On remarque que, bien que l'algorithme soit rudimentaire, les points montent petit à petit pour se stabiliser au-dessus d'une limite située à peu près au 2/3 de la hauteur). La zone des points reste stable et il faudrait compléter l'algorithme pour repartir sur un nouvel équilibre comme dans le cas du tas de sable. Cependant on n'en apprendrait pas plus sur ces équilibres.

## Criticalité auto-organisée

Per Bak emprunte le concept de « Self Organized Criticality » à l'industrie nucléaire. Lorsque l'on a généré un grand nombre de grains, les carrés de sable produisent des avalanches qui se placent de façon à « lisser » la courbe noire. Lorsque l'on a modifié un suffisamment grand nombre de points de valeur d'adaptation des espèces, le système se stabilise à un certain niveau qui ne fluctue plus beaucoup. C'est que l'horloger aveugle est à l'œuvre.

## Les cygnes noirs

Nassim Taleb a écrit un livre presque 30 ans après celui de Per Bak. Ces deux auteurs ont beaucoup en commun, à commencer par le désappointement de ne pas voir leurs travaux

mieux reconnus. Et que les économistes qui essaient d'adapter la réalité à leurs calculs plutôt que le contraire reçoivent des Prix Nobel.

Pour Taleb, une partie des gens pensent vivre dans le Médiocristan alors que l'autre partie pense vivre dans l'Extrémistan. La première contrée est gérée par des phénomènes soumis à la loi de Gauss (courbe en cloche). Pour réaliser à quoi ressemblent de tels phénomènes, imaginons un groupe d'un millier de personnes dont on mesure le poids moyen. Si l'on a un peu plus ou un peu moins de personnes, ce poids moyen ne va pas changer beaucoup. Les poids des personnes sont plus ou moins semblables et la moyenne est une indication utile qui peut être utilisée pour calculer les caractéristiques d'un ascenseur, par exemple. Nous sommes dans le Médiocristan.

Imaginons maintenant que nous examinons la fortune moyenne de ces personnes. Si on y ajoute Bill Gate, par exemple, le résultat sera complètement différent de ce qu'il sera sans lui. Nous sommes dans l'Extrémistan où les moyennes n'ont plus beaucoup d'intérêt. Les Prix Nobel d'économie échafaudent des théories complexes sur la base de la loi de Gauss et se tirent d'affaire en précisant que leurs mathématiques ne sont valables qu'entre les exceptions.

L'Extrémistan, c'est la contrée des avalanches et des équilibres ponctuels. C'est ce qui se passe à la bourse. Comme le précise Taleb : « la courbe en cloche n'autorise pas les écarts importants, mais les outils de l'Extémistant, l'alternative, n'interdisent pas les longues période de calme plat. » Ce qu'on peut voir sur le graphique des phénomènes critiques ponctuels précédemment présentés (les paliers).

Taleb relève le concept de scalabilité, ou invariance d'échelle. On comprend ce concept en étudiant par exemple la pseudo-loi 80 / 20. Vilfredo Pareto observa que 80% de la terre en Italie était détenue par 20% de la population. Mais si l'on prolonge cette constatation, on trouvera certainement que 80% de ces 80% est également possédée par les 20% des 20% de riches propriétaires. Et l'on peut répéter le calcul pour arriver à ce que  $0.2 \times 0.2 \times 0.2$ , c'est-à-dire 0.08% possèdent  $0.8 \times 0.8 \times 0.8 = 51.2\%$  des terres. En gros, 1% possède la moitié des terres. La courbe peut être transférée sur une autre échelle sans changer de forme. Il y a bien sûr des limites. Lorsque le propriétaire n'est plus une personne entière, les statistiques perdent leur signification.

### **Ce qu'on oublie et COVID-19**

Je vais mettre ici en lumière une autre de nos réactions inadaptées à l'aide de l'événement exceptionnel actuel. C'est notre tendance à ignorer les événements qui ne sont pas survenus. Suzette Sandoz, dans son blog sur le site de « Le Temps » fait le calcul suivant : en 1918 il y a eu 50 millions de décès suite à la pandémie d'alors. Nous sommes aujourd'hui quatre fois plus nombreux. Il faudrait donc relativiser la pandémie actuelle qui n'a fait qu'un million de morts. Mais on peut faire un autre calcul. La pandémie d'aujourd'hui est semblable à celle de 1918. Sans précautions, elle causerait donc plus de 200 millions de morts (des précautions tardives ont aussi été prises en 1918 également). Mais comme nous n'avons qu'un million de morts, nous en avons donc évité plus de 199 millions. Si le second calcul est bien sûr décalé, il faut bien constater que le premier l'est aussi. De tels « oublis » de cas non survenus est fréquent dans notre perception du monde.

### **Comment vivre dans l'Extremistan?**

Les personnes qui pensent vivre dans le Médiocristan sont à risque et Taleb les rend attentifs à deux attitudes risquées en racontant deux histoires.



Première histoire: Une dinde estimait que sa vie était très confortable. Elle recevait sa pitance et des soins chaque jour. Et chaque jour qui passait ne faisait que renforcer son sentiment jusqu'au jour où ... C'est un peu l'attitude de l'économiste-Prix Nobel, selon Taleb.

La seconde histoire est celle de Drago dans le « Désert des Tartares ». Il se prépare toute sa vie à l'arrivée de l'ennemi, événement très incertain qui ne surviendra, suprême ironie, que juste au moment où il est en train de mourir. On ne peut compter sur l'arrivée d'un événement rare.

Comment le trader Nassim Taleb réagit-il alors à ces événements exceptionnels. Il n'en parle pas beaucoup, mais il fait quand même cette proposition pour gérer un portefeuille. Il faut placer une bonne partie d'une fortune sur des fonds très sûrs (bons du trésor) et placer une petite partie dans des fonds très risqués, mais à fort potentiel. En cas d'échec, les pertes ne sont pas très grandes, mais avec de la chance, on peut faire de très bons profits. En suivant les méthodes académiques, on reste soumis aux risques exceptionnels de voir toute sa fortune disparaître dans un krach boursier. Et il cite des exemples de firmes qui appliquaient les méthodes des derniers Prix Nobel d'économie qui ont fait naufrage au premier soubresaut.

### Quelques conclusions

Le monde dans lequel nous vivons est dépendant des événements rares et imprévisibles. Les statistiques concernant ces phénomènes inattendus ne permettent pas de prédire ce qui va se passer. Elles ne permettent pas de calculer des moyennes ou en tous cas ces moyennes n'auraient pas de signification.

Les événements rares ont une influence infiniment plus grande que les petits événements réguliers, même s'ils surviennent en beaucoup plus grand nombre. Taleb fait remarquer qu'aucun romain au tournant de notre ère n'a perçu l'importance que pouvait prendre les idées d'un juif apparemment hérétique au début de notre ère. La seule référence contemporaine à Jésus de Nazareth, hors la Bible, est celle de Flavius Josèphe.

Les caractères chinois 危机 signifient crise. Le premier caractère seul signifie *danger* et le deuxième *opportunité*. Selon le blog de Jérôme Gabriel sur « Le Temps », l'image évoquée par cet idéogramme est celle d'une personne un jour d'orage – assise sous un arbre et mentalement confinée entre une angoisse existentielle et l'espoir d'une clémence céleste. Cette attitude correspond tellement bien aux gens qui se rendent compte qu'on est effectivement dans l'Extrémistan.

Les événements de l'Extrémistan ne sont pas tous négatifs. Nous avons vu comment Taleb se prépare à rencontrer un événement rare, positif ou négatif. L'évolution même peut s'expliquer par des avalanches, molécules qui tout à coup se rencontrent par hasard en quantité et qualité optimales pour réaliser un pas de l'évolution. Suivons hardiment Per Bak sur ce terrain : selon lui, en examinant l'évolution biologique, on ne peut pas prévoir les éléphants, mais on peut prévoir qu'il va se passer des événements de dimension infiniment supérieure aux événements élémentaires qui sont à leur origine.

[1] Per Bak, *Quand la nature s'organise, Avalanches, Tremblements de terre et autres cataclysmes*, Flammarion, 1999

[2] N. N. Taleb, *Le Cygne Noir – La puissance de l'imprévisible*, Les belles lettres, 2012

[3] <http://reconnaissance.ch/Avalanches>