

Complexité et évolution

Marc Halévy

Physicien, philosophe et prospectiviste

Fin mars 2020

Le cosmos s'est construit par strates successives de complexité, mais en mettant en œuvre toujours le même processus d'émergence : prolifération, interaction, association, fusionnement, fractalisation ...

Une histoire du Réel.

Si l'on regarde les choses en quatre dimensions polaires (la dimension radiale étant la durée, partie du point central du Tout-Un et les trois autres dimensions angulaires étant spatiales), le Réel doit être vu comme une accumulation sphéroïdale en expansion, à la surface de laquelle ont poussé des arborescences fractales, de plus en plus ramifiées, qui tournent sur elles-mêmes.

Ce Réel apparaît alors comme une grosse "boule" qui grandit avec des "arbres" qui poussent dessus (la boule sans arbres, c'est 99% de l'univers et les arbres ne sont que 1% de cet univers, mais ce petit pourcent est crucial ...).

Le cœur de cette grosse boule qui constitue la socle originel du Réel est de la mémoire accumulée, de la mémoire de soi. Cette "boule" est une prolifération mémorielle "qui se retient elle-même" (la Hylé ou substance originelle), dont les couches internes sont inactives (et donc de la mémoire pure) et dont la couche périphérique est active sous la forme d'un magma bosonique pré-matériel (de la "super-lumière" qui tourne en rond à la surface du noyau cosmique).

Cette activité bosonique (cette "super-lumière qui tourne en rond à la surface d'un sphéroïde en expansion et en rotation sur lui-même) peut être comparée à des vagues à la surface de la mer, à des vagues qui vont dans tous les sens, à des vitesses vertigineuses.

Ces vagues interagissent entre elles, elles interfèrent et créent des bosses et des fosses, des nœuds et des vides, etc ... Ce sont certains de ces nœuds qui seront les graines originelles qui formeront les noyaux galactiques (les fameux "trous noirs") et d'où pousseront les "arbres galactiques", ces fractals qui émergent du sphéroïde originel.

Ainsi, chacun de ces "arbres" deviendra un système galactique particulier, qui tourne sur lui-même et qui se ramifie progressivement en branches souvent spirales.

Le cœur galactique (le "tronc" de l'arbre) est un immense réacteur qui transforme de l'activité pure (la "soupe bosonique" appelée parfois "énergie noire") en neutrinos et en Protéus c'est-à-dire en prémices de Matière (prémices qui se révéleront être des associations proton/électron sous forme neutronique ou hydrogénique).

Au sein de ces branches galactiques bourrées surtout d'hydrogène, apparaîtront des bourgeons stellaires en rotation qui vont progressivement développer, en tournoyant, des systèmes planétaires.

Le cœur stellaire est lui aussi un immense réacteur de fusion nucléaire où les Protéus, en se heurtant à des températures hallucinantes, vont fusionner pour donner des noyaux lourds : ainsi seront engendrés tous les atomes que connaît le tableau de Mendeleïev

De cette manière, toujours en quatre dimensions, chaque galaxie prend l'allure d'un tronç galactique entouré de branches stellaires donnant des rameaux planétaires.

Dans ces rameaux planétaires, la température baissant, la chimie pourra commencer à faire son œuvre en associant les atomes produits dans les cœurs stellaires et "crachés" par eux à leur périphérie. Ces associations d'atomes prennent deux formes principales. La première forme regroupe géométriquement des atomes identiques ou très semblables dans ces cristaux de matière solide qui forment les roches et les sables. La seconde forme d'association engendre toutes les molécules chimiques, des plus simples comme l'oxygène aux plus complexes comme cet acide désoxyribo-nucléique qui constitue nos gènes.

Cette chimie planétaire (du moins dans les rares planètes où les conditions de pression et de température le permettent) va engendrer de véritables réacteurs chimiques, du moins dans certaines conditions ; idéalement, de l'eau, du chaud, du brassage et beaucoup de petites molécules très actives. Par exemple, en ce qui concerne notre bonne Terre, dans des failles volcaniques au fond des océans. Là, les réacteurs chimiques vont s'en donner à cœur joie et mener toutes les expériences possibles. Ce sera le laboratoire de la vie.

En effet, dans ce réacteur fou, des associations moléculaires vont avoir lieu et donner, entre autres choses, des vésicules lipidiques, sorte de petits sacs graisseux comportant une membrane qui protège un espace intérieur mis à l'abri des agressions mécaniques et chimiques extérieures. Dans cet œuf privilégié et protégé, certaines grosses molécules pourront cohabiter, s'associer, s'organiser et se réguler. Ce seront les prémises des premières cellules vivantes. La Vie est en train de naître.

Et là, miracle ! Là naissent les premières cellules, les plus simples, les plus primitives, les plus rudimentaires : les cellules procaryotes. Et en même temps qu'elles, les premières bactéries. Ainsi émerge le premier bouillon de vie où, comme à l'habitude, la production et la prolifération des cellules et bactéries augmentant, des interactions entre eux vont bientôt se mettre en place. Des interactions qui, ensuite, donneront des associations pour aboutir, enfin à des imbrications, des amalgames et des compénétrations. De là naissent les cellules eucaryotes qui opèrent le fusionnement de diverses cellules procaryotes et de diverses bactéries qui deviennent, alors, ses organites, protégés par une membrane phospholipidique et baignant dans un cytoplasme nourricier.

Un autre miracle organo-chimique prend alors place : la division cellulaire. Au sein du noyau cellulaire, le matériel génétique qui constitue l'identité de la cellule se duplique. Cette duplication induit la scission de la cellule, chacune des deux filles emportant avec elle un des deux duplicatas génétiques.

Un devient deux qui devient quatre qui devient huit ... La prolifération cellulaire devient exponentielle.

Et puis, une fois de plus, toujours le même processus (qui s'appelle le processus d'émergence) se met en branle : les cellules qui prolifèrent si vite, s'amalgament en colonies d'unicellulaires de plus en plus denses où des interactions, des associations, des imbrications, de compénétrations vont avoir lieu, de plus en plus fréquemment.

Certaines de ces colonies d'unicellulaires deviennent énormes (plusieurs mètres de long) et certaines inventent quelque chose de génial : la spécialisation (assez spectaculaire chez certaines colonies de cyanobactéries). Les cellules ne sont plus identiques mais développent (en fonction de leur position dans la colonie) certaines aptitudes spécifiques et particulières..

L'étape suivante, on le devine, sera le fusionnement des colonies unicellulaires en organismes pluricellulaires qui vont ensuite évoluer en plusieurs grandes familles.

Ici se place un autre coup de génie de la Nature : la reproduction sexuée qui n'est, au fond, qu'un des multiples aspects de la logique de spécialisation. Celle-ci a progressivement distinguer (sans les séparer) différentes fonctions vitales qui forment, au sein d'un organisme pluricellulaire, différents systèmes : respiratoire, circulatoire, urinaire, digestif, nerveux, cérébral, ... et reproductif. Certains des organismes dits "mâles" étant spécialisé dans la production de spermies (pollens, spermatozoïdes, ...) ; d'autres dits "femelles" étant spécialisés dans la production et le développement d'œufs (carpelles ovariens, ovules, ...).

La reproduction sexuée permet l'enrichissement permanent du patrimoine génétique de l'espèce puisque l'ovule fécondé mêle le génome du mâle et celui de la femelle pour donner un génome unique et original.

Cependant, ce fusionnement des deux génomes ne se réalise pas toujours parfaitement et des erreurs de duplication peuvent s'y glisser. Ces erreurs, la plupart du temps, donne des mutants non viables ou peu viables. Mais parfois, cela donne des mutants dotés d'une aptitude ou d'une caractéristique ou d'une fonction nouvelles et positives. La Vie, alors, vient de gagner un atout complémentaire.

Cette logique des mutations positives est un des deux moteurs de l'évolution des espèces. L'autre moteur est dit "épigénétique" et correspond au fait que, dans certaines circonstances, chez certaines espèces, l'organisme invente des potentiels, des fonctions, des comportements ou des solutions jusque là inconnus, et les enregistre dans la mémoire phylétique de son espèce afin que les générations ultérieures puissent en profiter. Tout ceci donne l'arbre de l'évolution des espèces qui part de la cellule procaryote et qui en est arrivé, à ce jour, à des organismes hypercomplexes comme une jonquille, un châtaignier, un hanneton, une vipère, une carpe, une mésange ou ... un humain.

Mais l'histoire ne s'arrête pas là. Les mêmes mécanismes - toujours les mêmes, à toutes les échelles - vont se remettre en branle.

La prolifération des organismes pluricellulaires individuels et, surtout, leur interdépendance réciproque (surtout entre parents et enfants pendant la première période de l'existence) va impliquer la densification des interactions entre les individus et, comme d'habitude, ces interactions vont induire des associations et des imbrications.

De tout cela sortira la notion de "colonie" qui, de labile et temporaire qu'elle était, va parfois s'organiser beaucoup plus rigide. Le plus bel exemple en est donné par les insectes dits sociaux (abeilles, fourmis, termites) dont les individus sont incapables de survivre s'ils sont détachés de leur colonie.

Ces "sociétés" animales, en fait et malgré les apparences trompeuses, ont fusionner leurs membres pour devenir un super-organisme à part entière. Ce n'est plus l'abeille qui est l'organisme individué, mais bien la ruche prise comme un tout, avec toutes ses spécialisations internes (pondeuse, cireuse, gardienne, nourrice, butineuse, etc ...).

Sans aller jusqu'à ces modes extrêmes d'intégration (équivalents aux cristaux de la chimie) tels que la ruche, la termitière ou la fourmilière, d'autres formes d'association entre organismes ont été induites comme, par exemple, la meute ou le troupeau.

Parallèlement, des associations d'une autre nature peuvent génériquement être appelées des "biotopes" (littéralement des "lieux de Vie") où se développent des symbioses, des

commensalités ou des mutualismes. Le meilleur exemple en est une forêt où végétaux, animaux, champignons, algues ou bactéries, prolifèrent tant, qu'ils entrent en interaction et finissent par s'associer de diverses manières.

On voit donc se développer deux grands types d'association d'organismes, l'un intraspécifique (les colonies) comme la ruche, le troupeau ou la meute, l'autre interspécifique (les biotopes) comme la forêt. Ces deux types d'association cohabitent et ... s'exploitent mutuellement.

Il faut, à présent, restreindre le regard au seul champ humain. Comme les autres espèces animales, les humains, à force de proliférer, vont devoir interagir entre eux et générer des associations (famille, clan, tribu) et des imbrications (couple, harem) ; ils vont finir par former des communautés dont le "liant" prendra une autre nature : ce lien qui unit les membres d'une même communauté de vie est de nature culturelle : la langue, les coutumes, les croyances, les rites, etc ...

Que s'est-il donc passé ? Comme la Vie a émergé de la Matière avec les procaryotes, l'Esprit est en train d'émerger de la Vie avec les humains. Les humains sont les procaryotes de l'Esprit. Leur activité mentale a connu un saut de complexité.

Les autres vivants possèdent aussi des facultés mentales, parfois développées. Mais celles-ci sont essentiellement "horizontales" c'est-à-dire que la conscience animale ou végétale ne connaît, ici et maintenant, que le lien entre ce qui se passe "dehors" (danger ou opportunité dans le monde extérieur) et ce qui est souhaitable et possible "dedans" (observation ou action selon la disposition intérieure).

Il existe, cependant, une autre dimension mentale, verticale cette fois, qui est absente ou, plutôt, latente ou embryonnaire, chez les autres espèces, mais qui deviendra prépondérante chez les humains. Cette dimension n'est plus celle qui relie l'extérieur et l'intérieur, mais bien celle qui relie le passé (la mémoire) et le futur (le projet). La plupart des vivants, autres que les humains, n'ont conscience que de la mémoire récente et marquante, et de projet que de survivre.

En revanche, c'est le développement de cette seconde dimension mentale qui sera le déclencheur de l'émergence de l'Esprit et, donc, de la spécificité de l'humain.

Dans le monde humain, la notion de "communauté de vie", donc d'association durable entre des individus, ne se limitera plus seulement à la dimension "horizontale" du mental : s'associer pour optimiser les potentialités collectives face aux dangers et opportunités du milieu externe. Elle s'enrichira de la dimension verticale du mental : s'associer pour optimiser les mémoires collectives (l'expérience et les savoir-faire, notamment) face aux exigences collectives concernant la préservation des patrimoines communs et/ou concernant la réalisation des projets communs.

On comprend vite qu'il manque un outil indispensable pour lier ces associations nouvelles qui ne s'ancrent plus seulement dans la réalité et le vécu de l'ici-et-maintenant, mais qui visent aussi ce qui n'est déjà plus et ce qui n'est pas encore. Cet outil indispensable, c'est le langage. Les "communautés de vie" des humains se sont très vite organisées autour du fait d'un langage commun qui doit être élaboré, partagé et transmis. Avec l'émergence de l'Esprit, l'humain s'ouvre des univers immatériels (culturels) infinis qui ne seront plus seulement utilitaires (au sens vital et matériel), mais qui seront aussi imaginaires et symboliques.

Grâce à l'efficacité nouvelle de l'usage de l'Esprit par l'entremise des langages, les communautés humaines ont proliféré exponentiellement (de quelques dizaines de milliers d'humains il y a dix millénaires à dix milliards vers 2050).

Ces communautés humaines étaient d'abord très isolées les unes des autres, vivant sur des territoires souvent immenses. Mais la prolifération démographique, comme toujours, les a fait se rencontrer, se défier, se battre ... puis interagir, collaborer, s'associer, s'imbriquer ... et les a fait confronter et partager leurs langages, leurs savoir-faire, leurs mythes et leurs rites.

Et comme toujours, il n'y a pas si longtemps, ces colonies de communautés humaines ont fini par fusionner pour donner des peuples, des cultures, voire des civilisations ... bref : des nations.

Deux grands modèles de sociétés humaines s'ouvrent alors, comme toujours : des sociétés sphéroïdales et fermées, et des sociétés fractales et ouvertes.

Jusqu'à aujourd'hui, c'est le modèle sphéroïdal fermé qui a prédominé : les idées-clés en sont :

- détermination, par des frontières, de territoires géographiques clos,
- domination de la Nature et exploitation de la Matière et de la Vie sous toutes leurs formes,
- contrôle des menaces extérieures par la force (militaire ou diplomatique),
- contrôle des menaces intérieures par la loi (autoritaire ou coutumière),
- mémoires courtes et projets courts.

Ces sociétés "fermées" sont d'essence parasitique, comme le gui sur le tilleul ou le lierre sur le chêne.

Aujourd'hui, les limites de ce modèle sphéroïdal fermé des sociétés humaines sont atteintes (cfr. mes autres travaux) et, s'ils veulent éviter le seuil d'effondrement qui s'approche rapidement, les humains n'ont aucun autre choix que d'abandonner le modèle actuel et de mettre en œuvre le seul autre modèle possible : le modèle fractal ouvert c'est-à-dire des réseaux "noétiques" proliférant de petites communautés autonomes unies entre elles par le projet fort de se mettre au service exclusif de la Vie et de l'Esprit.

Les leçons de l'histoire du Réel

Si l'on résume en un tableau les étapes successives du processus de complexification tel que décrit ci-avant, on aboutit à ceci :

<i>Système originel</i>	<i>Milieu</i>	<i>Liant</i>	<i>Processus</i>	<i>Système produit</i>
Soupe bosonique (Hylé)	Noyau galactique	Gravitation	Emergence	Protéus
Protéus	Noyau stellaire	Nucléaire	Emergence	Atomes
Atomes	Noyau planétaire	Electromagnétisme	Emergence	Cristaux Molécules
Molécules	Failles volcaniques océaniques	Electrochimie	Emergence	Procaryotes Bactéries
Procaryotes Bactéries	Océan	Elan de survie	Emergence	Eucaryotes
Eucaryotes	Océan	Elan de survie	Emergence	Multicellulaires
Multicellulaires	Biosphère	Elan de survie	Emergence	Colonies (intra- spécifiques ou interspécifiques)
Colonies	Biosphère	Langage	Emergence	Communautés humaines
Communautés humaines	Anthroposphère	Culture	Emergence	Nations
Nations	Noosphère	Projet spirituel	Emergence	Réseaux noétiques

De ce tableau, nous tirerons deux grandes leçons ...

Première leçon : la lutte entre entropie et néguentropie.

La lecture de ce tableau en apparence complet, montre, dans la colonne "liant", au travers d'expressions comme "électrochimie" ou "élan de survie" ou "projet spirituel", les limites de notre connaissance actuelle. Ces expressions vagues masquent en réalité une ignorance de fait.

Ce qui est clair, cependant, c'est que partout, à tous les niveaux, le moteur fondamental qui engendre de la reliance, est thermodynamique. Plus clairement, le Réel est un vaste champ de bataille entre deux formes d'ordre :

- l'ordre par l'uniformité qui est de nature sphéroïdale et fermée, et que traduit la notion thermodynamique d'entropie,
- l'ordre par la complexité qui est de nature fractale et ouverte, et que traduit la notion thermodynamique de néguentropie.

Telles le yin et le yang de la tradition taoïste, la force entropique qui vise l'uniformité, et la force néguentropique qui vise la complexité, se confrontent incessamment, à tous les niveaux au sein de tous les systèmes, du plus ténu au plus grand qui soit c'est-à-dire le Réel pris come un Tout, c'est-à-dire, encore, l'univers entier.

L'entropie et la néguentropie sont les deux voies d'une seule et unique "intention" (in-tension ou tension interne) qui anime le Réel : l'ordre ou, plutôt, sinon l'absence, du moins la minimisation du chaos.

Chaque niveau stable de complexité forme un échelon d'une échelle des différents niveaux d'organisation systémique.

Toute l'histoire du Réel qui a été contée plus haut, montre comment le Réel a inventé, successivement, ces nouveaux niveaux d'organisation complexe pour échapper à la fatalité entropique ... c'est-à-dire, en somme et symboliquement, à la "mort" des systèmes.

L'entropie, c'est la mort par l'uniformisation.

La néguentropie, c'est la vie par la complexification.

Le processus d'émergence dont on étudiera les détails au paragraphe suivant, mais qui constitue le processus même de l'évolution que résume le tableau ci-dessus, n'est donc que l'une des deux faces du processus de dissipation (cfr. les "structures dissipatives" d'Ilya Prigogine) des tensions engendrées par le conflit de nos deux forces d'ordre, entropique et néguentropique. Si la dissipation est plus entropique, il y a effondrement du système ancien, vers un niveau inférieur de complexité. Si la dissipation est plus néguentropique, il y a (parfois et éventuellement) émergence d'un système nouveau, sur un niveau supérieur de complexité. Nous y reviendrons.

Mais auparavant, un mot sur le moteur ultime de toute l'évolution du Réel que j'ai appelé "l'intention d'ordre". C'est elle qui engendre la force entropique et la force néguentropique à l'œuvre en tout, partout et toujours. C'est elle qui impose la "flèche du temps" et l'irréversibilité foncière de tous les processus réels.

La notion d'ordre, telle qu'utilisée ici, est beaucoup plus riche que l'acception habituelle. Nos mauvaises habitudes cartésiennes (analytiques et mécanistes) nous font souvent réduire la notion d'ordre à une collection d'objets bien rangés les uns par rapport aux autres, comme un bureau ou une chambre peuvent être vus comme "bien rangés" ou "bien ordonnés". Cet ordre

mécanique est effectivement une forme d'ordre, mais il est loin d'être le seul. Sans entrer trop dans le détail, la théorie discerne, aux côtés des ordres mécaniques, des ordres chaotiques (au sens de la théorie du chaos - l'expression est effectivement paradoxale et un peu malheureuse) et des ordres organiques (comme l'ordre homéostatique qui règne parmi les quatre-vingt milles milliards de cellules qui constituent un corps humain vivant). Ces divers types d'ordre sont irréductibles les uns aux autres et constituent des voies bien distinctes.

La notion d'ordre, comme intention universelle du Réel et comme moteur ultime de toute évolution, fait appel à une notion encore plus profonde et générale : celle de cohérence. Le Réel veut, en tout, gagner en cohérence globale et locale ; telle est la formulation ultime de l'intention universelle.

Et tout gain négentropique de cohérence, engendre de nouveaux champs de cohérences "supérieures" qui induisent de nouvelles tensions qu'il faudra dissiper dans de nouvelles émergences qui induiront d'autres champs de cohérences ... et ainsi de suite, à l'infini. L'évolution du Réel n'aura donc jamais de fin. L'univers ne sera jamais achevé.

La notion de cohérence est difficile à définir et à cerner. Elle implique des tas de notions complémentaires comme unité, unicité, simplicité, harmonie, etc ...

Ce qu'il faut relever, c'est la dialectique entre la meilleure cohérence possible au niveau local et la meilleure cohérence possible au niveau global. Cette dialectique est, en fait, l'autre expression de la dialectique entre force entropique (la cohérence sphéroïdale globale) et force négentropique (la cohérence fractale locale).

Tout se tient, donc. Tout est ... cohérent !

Seconde leçon : le processus d'émergence.

C'est évidemment ce processus d'émergence qu'il faut comprendre en toute généralité.

Mon hypothèse de fond est que ce processus, quel que soit le niveau où l'on se place, quel que soit les systèmes originels qu'il va mettre en œuvre, est *toujours le même*.

Tout commence sur un certain niveau de complexité donné, avec la prolifération des systèmes propres à ce niveau (par exemple, les atomes dans un milieu planétaire suffisamment chaud pour que la chimie puisse y jouer, ou les cellules procaryotes dans un milieu aqueux adéquat, etc ...).

Cette **prolifération** croissante, dans un milieu limité, induit une promiscuité de plus en plus puissante.

Cette **promiscuité** induit des heurts entre les systèmes et ces heurts induiront des tensions de plus en plus vives entre eux. Ces heurts et ces tensions impliquent des **interactions** entre les systèmes soit dans le sens entropique de leur entre-**destruction**, soit dans le sens négentropique de leur entre-**association**.

Quoiqu'il en soit, la grande loi universelle de la physique impose que ces tensions (qui induisent un chaos contraire à l'intention d'ordre et de cohérence) soient dissipées optimalement, donc le mieux et le plus vite possible.

C'est cette **dissipation** optimale des tensions qui devra "choisir" entre la voie de l'**effondrement** vers un niveau inférieur de complexité (la destruction des systèmes surnuméraires) ou la voie de l'**émergence** vers un niveau supérieur de complexité.

Cette émergence implique l'association des systèmes originels en un sur-système qui doit être plus cohérent que leur ensemble sous tension.

La première voie d'émergence qui s'ouvre, est organisationnelle et la seconde est fusionnelle.

La **voie organisationnelle** (l'auto-organisation) consiste à dissiper les tensions en canalisant leurs énergies dans une organisation commune, tout en conservant l'identité et la discernabilité des systèmes originels (comme la loi républicaine organise les rapports entre individus de façon à minimiser les heurts et conflits entre eux, par exemple).

La **voie fusionnelle** (l'autopoïèse) consiste à dissiper les tensions en utilisant leurs énergies pour encapsuler les systèmes originels dans un système de niveau supérieur qui les fusionne en éliminant leur identité et leur discernabilité (comme les procaryotes et les bactéries fusionne au sein d'une cellule eucaryote, par exemple).

Une dernière chose doit être notée : l'émergence implique une encapsulation qui transforme un ensemble trop turbulent en une nouvelle entité (de complexité supérieure) ; celle-ci implique aussi une nouvelle forme d'autonomie.

Pour être maintenue, selon les lois de la thermodynamique, cette autonomie doit consommer de l'énergie (pour combattre la force entropique). De là vient cette règle : plus un système autonome est complexe, plus il doit consommer d'énergie pour durer.

*

* *