

petite note sur l'entropie-ordre

L'histoire de l'entropie et de l'ordre est un peu comme celle de la théorie quantum. Cela nous lance des idées qui paraissent tellement « scientifiques » et contre-intuitives qu'on lâche le morceau, on n'essaie plus de comprendre le « pourquoi c'est vrai », parce que saisir le « comment c'est vrai » est hors nos capacités individuelles. Et à la fois des structures mythologiques, sans « rigueur scientifique », font office de cadres explicatifs. En voici un autre.

En réalité, c'est les scientifiques qui sont en erreur, parce qu'ils se le permettent de devenir le pôle rigide, ne se laissant aller que dans l'entre-soi et même pas là. Pour certains, il y a des principes premiers si *évidents* qu'ils oublient tout simplement de les mentionner, et on ne sait même pas par où commencer. Tous fiers d'eux de pouvoir manipuler et déchiffrer l'algèbre qui « prouve » la théorie, ils oublient qu'il n'y a que très peu de monde qui parle vraiment bien la langue de l'algèbre et qui comprenne profondément les multiples ramifications auxquelles donnent lieu les théories.

Les humains parlent en langue naturelle, ils « comprennent » des concepts, parfois très vaguement et allusivement. En fait ils sont passés tellement au-delà de ces choses primitives comme la mémorisation de séquences de nombres ou de noms que ce n'est que lorsqu'on les entraîne à le faire qu'ils y arrivent de nouveau. Ils mémorisent des mots dans des phrases, mais ils ne les mémorisent même pas. Ils mémorisent le sens des mots dans des phrases, et sont capables, s'ils sont motivés, de capter le sens dans les mots d'un livre entier, ou de plusieurs livres, et de les mettre ensemble, sélectivement. De telle manière que même s'ils ne se rappellent pas les mots précis, ils sont capables d'en inventer de nouvelles phrases qui ressemblent, à peu près, au sens des mots dans des phrases – ou des histoires entières, qu'ils ont entendu, et dans des contextes souvent entièrement imprévus.

Donc, quand je dis « au delà » pour décrire la capacité humaine d'intégrer des concepts, je parle bien d'une capacité phénoménale, bien supérieure à celle de mémoriser une séquence de chiffres et de le reproduire comme un automate. Et en fait, pour chaque scientifique, chaque poète, chaque danseur, c'est cette capacité absolument géniale qui rentre en jeu et qui nous saisit d'admiration et de désir et d'émulation.

Ceci étant dit, retournons à l'entropie et à l'ordre. On va commencer avec deux constats, comme avec le chat de Schroedinger qui est là et qui n'est pas là dans la théorie Quantum. Premier constat. La vie crée l'ordre. L'ordre, c'est l'entropie négative – ce qui fait dire souvent que l'entropie, c'est le synonyme du chaos, ce qui n'est pas tout à fait vrai, sauf dans le sens qu'il ne fait plus aucun sens.

Ce qu'on oublie de dire à ce moment là, c'est que oui, c'est la vie qui crée l'ordre (pas que la vie, c'est juste que la vie en est la « spécialiste »), mais elle ne le crée pas à partir de rien – et que c'est pour cela aussi qu'il est presque impossible de dire où la vie s'arrête et où la non-vie commence, en termes matériels. La vie, ou le vivant, c'est une question de systèmes, de boucles de rétroaction, de cohérences, pas de matières premières. Une rivière – ou une falaise, peut faire partie d'un système de vie, tout comme une personne, ou une foule. Chacune de ces entités, ces cohérences, suit son chemin, se reconnaît par ses particularités systémiques. La vie crée l'ordre à partir de l'énergie, venant de l'extérieur, qu'elle reçoit et qu'elle met en harnais. Dans notre cas, sur Terre, cette énergie est d'origine solaire, elle vient du soleil, même celle dite tellurique. La vie convertit l'énergie qu'elle reçoit et qui lui permet d'organiser la matière, de la manière la plus directe dans les feuilles des plantes, qui convertissent cette énergie chimiquement en sucres, ou dans le corps d'un reptile

qui se réchauffe au soleil. Ce mot « ordre » ou « entropie négative » est une manière de décrire cette création de structure, d'ordre dans la matière, à partir de l'énergie séquestrée.

De là, le deuxième constat – et c'est ici que tout le monde bronche. Les lois de l'entropie sont donc des lois de l'informatique, de l'information. L'organisation de la matière passe d'abord par l'échange, physique, d'information, qui sert à « se former » ou « se constituer » ou « s'assembler ». Comme ce que je viens d'écrire. Ce que j'écris, c'est de l'information aussi. Ce n'est peut-être même pas vrai, c'est une tentative d'induire de la structure qui, si elle marche, si elle colle, devient vraie, parce qu'elle s'applique, un peu comme la cristallisation d'un rocher à l'état visqueux.

Pour le commun des mortels, cela paraît absurde. Pour faire du ciment, tu mets deux parts de sable avec une part de chaux et une part de matière grise pulvérisée, tu rajoutes de l'eau, tu le mélanges, et voilà. C'est juste des quantités physiques. Mais en réalité, pas du tout. Tu es en train de créer de l'entropie, mais pour toi, c'est de l'ordre. Quand tu as terminé et que le béton est bien solide, tu as quelque chose qui est dans un état piteux de chaos presque absolu, mais pour toi, c'est exactement ce qu'il fallait – c'est de l'ordre. L'entropie, et l'ordre, c'est aussi une question de point de vue – de point de vue systémique – cela dépend du système qui est important pour toi. Mais tenons en compte que la vie, dans ce système monde, est au pôle opposé de l'entropie, elle est dans un état tellement ordonné qu'elle est « en vie », en relation discrète avec tout ce qui est importante autour de et en elle-même, pour la durée de sa cohérence, sa vie individuelle et au-delà.

Dans la science, tout cela est caché sous la rubrique « Les trois, (ou quatre) lois de la thermodynamique ». Ces lois, traitant de quantités physiques, suivies d'équations en algèbre qui permettent de quantifier les bilans énergétiques de différentes situations déterminées et très simplifiées, masquent la réalité, qui est que c'est une histoire d'information et de sa distribution précise (l'intelligence que comporte l'information) et que si on la perd, cette information, on ne sera plus du tout capable d'organiser la matière sur notre planète, qui sera à ce moment-là morte, totalement sans vie et sans la capacité d'en régénérer, comme sur Mars – ou sur la Lune. Il faudra dorénavant quelqu'un qui vient de l'extérieur pour régénérer la capacité auto-organisatrice de ces sphères célestes. Toutes seules, elles ne font rien – ou pas grand-chose, pendant des milliards d'années, par rapport à notre ère de terre vivante. Ou bien, elles rêvent.

Donc c'est quand même une question qu'il est assez importante de comprendre, dans ses grandes lignes, et aussi au niveau pratique – qu'est-ce que l'on peut faire pour défendre la vie qui nous défend ? Quel genre de chose est utile ? Comment limiter le brassage insensé d'énergie qui risque de nous exploser dans la gueule ? La Terre est une mine, pour nous.

D'aucuns disent que le plus important, c'est le sol. On peut commencer là. Il y a une mode, actuellement, pour créer le « bon compost », plein d'azote, qui fait bien pousser les légumes. C'est la vie, n'est-ce pas, et c'est bon ?

Oui et non. On fait du broyat, beaucoup de broyat, avec des machines qui utilisent beaucoup d'énergie, juste pour accélérer le processus de décomposition et donner plus rapidement du bon compost. Il est parfois difficile de comprendre que pour la planète, il vaudrait mieux ne pas le broyer, ne pas accélérer sa décomposition et au lieu de cela, enfouir le bois, entier, à un ou deux mètres sous sol, comme un corps humain – pour qu'il dégage pendant des décennies de l'azote, à petit feu, au lieu de le faire en une seule saison, avec le gros de l'affaire perdu dans les eaux de ruissellement, ou gazé et perdu du système vie.

Il faut savoir que plus on fait ça, et plus vite on le fait, plus on dégage très rapidement de gaz à effet de serre, dont le méthane, vraiment l'un des pires, de loin plus réchauffant que le simple dioxyde de carbone. Pour cela qu'on parle de la méthanisation - au lieu de simplement laisser ces gaz

s'échapper à l'atmosphère, on les brûle – comme on a commencé à faire avec nos morts à partir de l'âge du néolithique, comme l'on fait avec le brûlis. En ce faisant, on évite tout au moins de brûler d'autres gaz, venus de sources fossiles sous la terre. Cela va plus vite comme ça, ça simplifie le problème en l'éliminant plus vite. Mais cela accélère notre effet nocif sur le système vie-terre.

Chaque fois qu'on fait le calcul de net bénéfique, d'une méthode ou d'une autre, pour éviter le réchauffement climatique, on est en train de faire un calcul basé sur les lois de la thermodynamique, dont la première est que dans un système clos déterminé, il n'y a aucune perte d'énergie, mais simplement des échanges et des conversions d'énergie, dans une forme ou autre (en réalité un système n'est jamais totalement fermé, bien entendu). Pour la Terre, les gaz à effet de serre empêchent la chaleur d'échapper, mais l'énergie qui arrive du soleil continue d'arriver. Ce n'est pas un système clos, mais il est plus fermé qu'avant, et c'est cela le problème – la température monte, inexorablement, parce qu'on continue de recevoir et de capter de l'énergie de l'extérieur, sans pouvoir s'en débarrasser, et cela commence à passer au-delà de nos tolérances systémiques. Le problème étant que nous ne pouvons pas tous nous vêtir de scaphandres anti-thermiques, cela coûte trop cher, on ne peut pas déployer et alimenter huit milliards de voitures climatisées – sans parler des animaux et plantes qui font exister l'atmosphère que l'on respire, qui, eux non-plus, ne sont pas très bien adaptés à vivre dans des températures dépassant les 50 degrés centigrade une bonne partie de l'année.

À plus petite échelle, la climatisation dans une grande ville, qui donne de la fraîcheur à l'intérieur de nos immeubles, le fait en rejetant de l'air chaud à l'extérieur, en augmentant la température ambiante locale – c'est vraiment la pire des solutions, parce qu'on ne met le climat que s'il fait trop chaud. Lorsque les machines travaillent, elles génèrent de la chaleur, également, parce qu'elles ne sont pas parfaitement efficaces – à force de frottement, à force d'expulser des gaz d'échappement réchauffés, elles redoublent le réchauffement de l'atmosphère. Les lois de la thermodynamique permettent de quantifier et de calculer ces phénomènes, très précisément. Un ingénieur qui fait ça, il sait ce qu'il fait de mal aux autres – il a tous les chiffres.

Et le sol dans tout ça ? Le sol retient les éléments qui, s'ils sont gazéifiés, vont réchauffer la planète, où retourner les océans à un niveau de saturation en sels et anoxie sans retour, sans vie : un état entropique. Le sol est un vaste réservoir ou puits de carbone, comme l'océan est un vaste puits d'énergie thermique. Il n'est vraiment pas logique de créer du broyat et du compost qui se dégradent plus rapidement. Cela devient vite très coûteux en pertes d'énergie de capter les gaz dans chaque compost, pour le brûler partiellement. Ce n'est pas que le compost est une mauvaise idée, c'est même une bonne idée pour certains des déchets organiques que l'on produit, mais il est encore mieux de limiter leur production, de gaspiller moins de légumes en mangeant plus, ce qui permet de diminuer et de ralentir plutôt que d'accélérer la fermentation du compost.

Mais on peut aller encore plus loin que cela. Grosso modo, moins une matière est broyée, atomisée ou dégradée, moins ce processus est accéléré, mieux c'est, niveau survie du vivant, niveau écologique. Même quand elle est morte. Tu ne peux pas faire un toit de chaume si tu as rendu le chaume à l'état de poussière ou de compost – si tu l'as réduit à l'état entropique. L'information qu'elle contient – sa forme, sa structure, a été perdue, elle ne peut plus que servir à d'autres entités, pour construire leur propre ordre de la base, et tout cela coûte vastement plus d'effort que de ne pas casser les tiges de paille qu'on a. La prendre à cet état intermédiaire, où elle est morte mais retient une grande part de sa force structurelle, évite de tout recommencer de la base, de rajouter des coûts énergétiques non-nécessaires.

Si je me centre sur ce sujet en particulier, c'est que vous allez entendre exactement le contraire de la part des industries greenwashing et des municipalités méthanisatrices et bétonneuses, précisément parce qu'elles pensent « industriel », pas science, et l'industrie d'aujourd'hui est basée sur un

système de sur-dépense énergétique colossale, comme s'il n'y avait pas de lendemains. L'un des piliers de ce système, c'est la croyance dans l'effondrement (l'écopessimisme), ce qui permet de vivre dans l'espérance que « tout s'écroule d'elle-même » pour nous administrer le reveil.

Les lois de la thermodynamique expliquent ces nets gains et ces nettes pertes d'énergie dans un système, en termes de chaleur (thermo) ou énergie (calories ou joules), et de progrès de ce phénomène dans le temps et dans l'espace (dynamique, évolutif). Elles sont en réalité juste une manière de quantifier le produit de la structure informatique de la matière.

Par exemple, un réfrigérateur ou la clime marchent selon des principes d'échange d'énergie entre un volume (l'intérieur du frigo) et un autre – l'extérieur. Comme la sueur sur ton visage, dans le vent, qui va permettre de refroidir ton corps en s'évaporant et ainsi en enlevant la chaleur – ou plutôt en la dispersant en molécules d'eau dans un corps d'air qui paraît infini – mais qui ne l'est pas. Faut pas suer quand il fait froid, c'est mortel, comme le sait toute personne qui sort de la douche en frissonnant, en contact des courants d'air ou turbulences – chauds ou froids, rencontrés à l'extérieur de la douche. Nous sommes tous des dosimètres de l'entropie.

J'ai dit que les lois de la thermodynamique, ce sont des lois qui servent finalement à mesurer l'entropie et l'entropie négative, ou conversément le niveau d'ordre (son potentiel énergétique) dans la matière. Elles sont basées sur une question d'organisation des matériaux – plus spécifiquement des capacités d'auto-organisation imbriquées dans ces matières, et donc une question surtout d'information et non pas de quantités physiques, bien que l'on peut obtenir des mesures résultantes très physiquement tangibles.

La distribution de l'information est, par exemple, par le mouvement de la chaleur du dedans au dehors d'un « corps » déterminé ; le stockage ou le relâchement ou le brassage de l'énergie « potentielle » emmagasinée. Il est clair, cependant, que toutes ces notions et ces calculs n'existent que dans des cadres logiques choisis par nous et que les calculs sont donc toujours approximatifs, transitoires, fugitifs. De là, il n'y a que l'information qui peut être perpétuée et reproduite, par diverses mécanismes, comme celle de la catalyse, la cristallisation ou la fission cellulaire. La sélection est naturelle, basée sur des éléments informationnelles, comme la reproduction et donc la sélection préférentielle de certains organismes et formes par rapport à d'autres. Il existe autant de spécificités, comme avec l'ADN ou le cristal, qu'il existe de situations temporelles et spatiales.

On peut apprécier, *grosso modo*, que nous soyons là ou pas, le soleil va continuer d'irradier l'espace, à la distance de la Terre, avec ses quelques joules par mètre carré d'énergie par jour (et peut-être par nuit aussi!), de telle manière qu'il ne manquera jamais de l'énergie, dans son état cru, sur Terre, tant qu'elle existe encore. C'est même une facette du problème – si le clime global est en panne, ça chauffe vite. Si on allume le feu, à l'intérieur de l'exosphère, en plus, cela devient encore plus rapidement insupportable. La vie a en réalité agi en tant que vaste système thermorégulateur, qui maintient une température en équilibre dynamique, pendant des millions et des millions d'années. Cela a pris des milliards d'années auparavant pour commencer à atteindre ces équilibres – pour que la vie s'éduque et commence vraiment à jouer son rôle dans la terraformation.

On ne le savait pas, ou même en le sachant, on ne le voyait pas comme particulièrement important, étant donné que le monde, il est vaste, et le temps, il nous dépasse, bien que pour le corps humain générationnel, c'est moins le cas – il est important de ne pas vivre que le moment présent, pour vivre tout court. Tout a changé avec l'accélération d'usage d'énergie et l'augmentation très rapide de la population. Enfin, tout, c'est beaucoup dire. Nous étions déjà bien au courant des effets dévastateurs, à un niveau plus local, de l'élimination du vivant, par la chasse, par le surpâturage, par la coupe d'arbres, etc. Mais il semblait qu'il y avait toujours de l'herbe plus verte au-delà de

l'horizon, pour une espèce migratrice et colonisatrice. Là où les terres étaient déjà occupées, on faisait semblant de ne voir que des terres vierges, et on les a occupé mil fois plus.

Il ne faut pas oublier, non plus, que notre première époque « industrielle », c'est l'époque d'appropriation du vivant, ou rien ou si peu de mécanique, de quantités physiques, y comptait pour quelque chose, si ce n'est pour compter les têtes de bétail sous notre hégémonie, sous notre commande, sous notre dominance. Il a été tout-à-fait logique et même intelligent d'établir de l'imagerie spirituelle associée avec des animaux, des fleuves ou des montagnes, puisque c'est en immersion dans ces systèmes que nous pouvions nous-mêmes exister. Notre ignorance présente de l'intelligence du vivant qui nous entoure et dont nous faisons nous-mêmes partie est une vraie stupidité, une amnésie et une perte volontaire d'information culturelle, dont nous payons maintenant, et comment, le prix.

C'est sans doute cela qui a provoqué mon désir de tenter une explication, même balbutiante et incomplète, de comment les systèmes d'information et les systèmes quantitatifs, de matière brute, de tonnes de blé ou de métaux produits, ou d'argent, sont tellement liés, au niveau de la physique de base, que l'on ne peut pas les séparer et que notre survie collective en dépend.

Les termes « ordre » et « entropie » peuvent être très utiles dans cette ébauche de description de « comment ça marche », parce qu'elles sont parlantes dans une époque où la religion « science » paraît être la vérité ultime. Juste pour situer cette pensée définitive, elle date de la deuxième moitié du 19^{ème} siècle et elle donne les éléments nécessaires pour que d'autres théoriciens, comme Einstein ou Bohr, démontrent la puissance de la théorie pure pour développer des applications qui nous surprennent, comme l'énergie nucléaire. Tout est enraciné dans le monde physique, de mouvements, d'énergie, dans l'espace-temps, jusqu'au point qu'on comprenne, enfin, que l'espace-temps est une trame d'énergies, de mouvements, que même la température et la chaleur ne sont que des manières alternatives d'apercevoir ces mouvements, cet espace-temps qui remplit le vide.

Et ce qui est encore plus merveilleux, c'est le constat que ces idées sont autant accessibles par la poésie et l'immersion dans le monde physique réel (la nature) que par l'algèbre et les matières sèches et académiques, mécaniques ou aliénantes, autant accessibles par des images et des langues humaines que par des signes et des hiéroglyphes qui ne parlent qu'aux ordinateurs – on a toujours pu rêver le monde et taper juste, dans le réel, sans savoir le comment ni le pourquoi, simplement en étant là, c'est même à la base de cette science et cette technologie qui a fait l'époque d'aujourd'hui – les songes d'une nuit d'été, la curiosité humaine, aidés par quelques chiffres rudimentaires.

Il ne faut jamais « être scientifique » pour être scient, parfois il faut juste observer les choses devant son nez, en parfaite ignorance, cela peut même être la méthode la plus sûre, si l'on arrive à se défaire totalement de ses préjugés et de la culture savante de chaque époque. L'ordre, ce n'est pas les normes, c'est leur devenir.

Les dangers de la technologie de l'information ou de l'intelligence artificielle sont ainsi mis en relief, elles mènent à faire croire qu'il n'y a que la somme des connaissances existantes et le cumul de la raison du régime existant qui vaillent, pour déterminer l'avenir, alors que c'est plutôt l'inverse qui est vrai – c'est-à-dire que ce sont les germes d'idées qui battent contre ce vent conventionnellement inévitabiliste qui vont pouvoir changer notre destin collectif, ce que la vie, massivement décentralisée et auto-productrice d'ordre, ne cesse de nous démontrer à chaque pas.

De quoi se montrer très humble et audacieux, tout à la fois. J'aime croire que c'est cela l'essence de l'humanité, l'art de surmonter de tels paradoxes.