

De la nature du Temps

Quelques réflexions à propos de l'ouvrage
« Le Second Principe de la Science du Temps »
par Costa de Beauregard.

1. INTRODUCTION.

Devons-nous attribuer au temps une existence objective ou est-ce la conscience qui introduit le temps dans l'univers? Ou bien faut-il introduire une multiplicité interne dans la notion de temps pour conclure que certains de ses aspects sont imposés par l'univers physique tandis que d'autres sont d'origine subjective?

Cette question classique de la philosophie a été renouvelée par quatre nouvelles sciences qui ont depuis un siècle, transformé aussi bien notre image du monde physique que notre image du psychisme.

La théorie de la relativité a transformé notre conception des relations entre l'espace et le temps; la mécanique quantique a transformé notre conception des rapports entre passé et avenir (en introduisant des formes d'indéterminisme), entre sujet et objet (en contestant dans certaines de ses interprétations la possibilité d'une physique réaliste); la thermodynamique et son interprétation en mécanique statistique a fourni des modèles de processus macroscopiques quasi irréversibles; et enfin la cybernétique, dernière arrivée, commence à nous fournir des modèles de ce psychisme auquel certaines philosophies du passé attribuaient le rôle d'introduire (entièrement ou partiellement) le temps dans le monde.

L'intérêt que présente l'ouvrage de Costa de Beauregard dont nous voulons discuter ici certaines des thèses est qu'il essaie de tenir compte également des contributions apportées par ces quatre nouvelles sciences, à l'étude du problème éternel du temps.

Dans cette introduction, nous voulons énoncer les thèmes principaux de la solution énoncée par Costa de Beauregard, solution que nous étudierons dans les paragraphes qui suivent.

A. Selon de Beauregard, la théorie de la relativité d'une part, et la théorie superquantifiée de Tomonoga, Schwinger et Feynman en mécanique quantique d'autre part, impliquent que la réalité matérielle se trouve étalée

sur toute l'étendue de sa quatrième dimension, la dimension temporelle. Contrairement à ce que notre conscience nous dit, il n'y aurait pas selon le formalisme physique, de distinction qualitative entre ce qui est déjà accompli et ce qui reste à accomplir.

Cette affirmation ne doit pas être mal comprise : cette matière étalée à laquelle rien n'arrive, et qui n'avance pas comme sur un front temporel, n'est pas sans présenter une direction, un versant temporel. Mais ce versant est à comparer à une montée ou une descente spatiale plus qu'à un événement.

« Les futurs contingents existent en acte, non pas bien sûr dans le présent de nos consciences, mais dans l'épaisseur de l'espace temps déployé. Ils y sont en tant que futurs pour nous et en tant que contingents » (p. 131-132).

B. Mais si la théorie de la relativité doit nous influencer, la biologie d'autre part a découvert l'évolution de la vie : la vie évoluerait comme en direction inverse de l'évolution de la matière, vers plus de complexité et d'ordre tandis que cette dernière évoluerait vers moins d'ordre et plus de simplicité.

Les citations d'Henri Bergson, fort nombreuses, font foi de l'influence exercé par ce grand ennemi de la théorie de la relativité, sur de Beauregard, praticien en admirateur de cette dernière science.

Cette double influence crée un problème que Beauregard ne peut plus résoudre, comme le faisait Bergson lui même, par un rejet de cette spatialisation relativiste du temps physique qui lui paraît au contraire impliquée par toute la physique contemporaine.

C. Pour surmonter cette difficulté et pour affirmer à la fois son allégeance à l'espace—temps Minkowskien et à l'évolution, l'auteur va traduire les affirmations sur l'évolution biologique à l'aide du langage cybernétique. L'être vivant observe son milieu et agit sur son milieu. Or, observer c'est recevoir des informations de ce milieu, et agir c'est introduire de l'ordre dans le milieu. Léon Brillouin a formulé une loi de Carnot généralisée qui affirme que toute augmentation de l'information acquise concernant le monde est payée par une augmentation de l'entropie de ce monde (*id est* : par une perte en organisation de ce monde). De Beauregard lui même d'autre part a affirmé que toute augmentation d'information augmente notre pouvoir d'action et donc d'organisation sur le monde. Mais l'organisation que nous pouvons introduire est moins importante que l'organisation que nous devons détruire pour obtenir l'information nous permettant d'agir. C'est pourquoi l'action de la vie peut retarder mais non arrêter ou même inverser le développement total vers l'augmentation de l'entropie.

D. La description de l'activité typique du psychisme qu'est l'apprentissage (nous voyons le passage ici de la description de la vie vers la des-

cription du psychisme) suggère alors à de Beaugregard la solution du problème de la conciliation « relativité-conscience du temps ». « La flèche du temps représenterait essentiellement une adaptation de la vie aux conditions du cosmos quadridimensionnel » (p. 134-135). Le monde, objectivement déployé, *sub specie aeternitatis*, nous paraît, à nous, vivants, évoluer dans la direction d'une augmentation d'entropie, parce que nous nous mouvons dans ce monde selon un versant, selon une dimension, où l'entropie augmente. Nous le faisons parce que toute autre direction de mouvement empêcherait l'augmentation de l'information et du pouvoir y attaché (qui est d'après l'auteur le but essentiel de l'être vivant et de l'être conscient).

E. Son problème lui paraissant résolu, de Beaugregard ajoute à ces développements une hypothèse métaphysique : l'esprit cherche des invariants dans l'univers. La seconde loi de la thermodynamique pose non pas un invariant mais une variation. Ne pourrait-on pas conclure que s'il est vrai que tout système matériel fermé comporte une augmentation de l'entropie, cette entropie est transformée non seulement en information physique mais encore en information psychique de façon à ce que la somme totale de l'information, physique + psychique, et de la négentropie reste constante ? Un dualisme spiritualiste serait une conséquence directe a) de la tendance vers l'invariant et b) de la description cybernétique de la flèche du temps.

Compte tenu de ces cinq thèses que nous venons de passer en revue, il est normal que notre examen comporte les parties suivantes :

1. La notion d'information de Beaugregard et les autres définitions possibles de cette notion.
2. L'étude des relations entre observation et action, en fonction de la notion d'information.
3. Le problème de l'irréversibilité du temps dans ses rapports avec la solution de Beaugregard.

Si ces trois thèmes constituent l'essentiel de ce que nous avons à analyser, nous devons toutefois commencer par une analyse d'ensemble de la solution proposée.

2. IMPORTANCE DU PROBLÈME

Examinons un homme qui, avançant sur une plage déserte y laisse la trace de ses pas. Les pieds se déposent sur la surface sablonneuse auparavant homogène et une distribution fort improbable des grains de sable atteste le passage du promeneur. Le vent se lève et après quelques heures les traces sont effacées.

Renversons maintenant les événements. La plage déserte offre ces traces de pas que le vent y a dessinées. Un promeneur marchant en arrière dépose ses pieds exactement aux endroits où les traces se trouvent et les traces épousent entièrement la forme de ses pieds. Quand il lève les pieds les traces ont disparu et la surface de la plage est homogène.

Tout ce qui nous intéresse (et ce qui intéresse Costa de Beauregard dans son ouvrage) c'est l'étude des correspondances et des divergences existant entre ces deux trains d'événements.

Prenons un second exemple. La surface d'un lac est égale. Nous y jetons une pierre. Des ondes concentriques se répandent sur la surface du lac à partir du point d'impact de la pierre. Renversons encore une fois les événements. La surface du lac est égale. Puis des ondes concentriques commencent à s'y former. Ces ondes au lieu de diverger, convergent vers un point. De ce point sort une pierre qui se jette dans notre main.

Pourquoi, examinant ces deux exemples, savons nous qu'une ces deux éventualités est capable de se produire tandis que l'autre est impossible? Quelle loi de la nature rend cette autre éventualité impossible?

Le temps avance d'une façon irréversible. Telle est notre impression psychologique. Comment pouvons nous fonder cette impression, dans les faits, et dans quelle mesure pouvons nous la fonder? Les réponses sont légion :

1) Il y a les auteurs qui nient la flèche du temps et affirment que le temps s'écoulant irréversiblement est une illusion : c'est la position de Henryk Mehlberg (dans « Physical Laws and Time's Arrow, (p. 105-138), in « Current Issues in the Philosophy of Science, Holt, Rinehart et Winston, 1959).

2) S. Watanabé affirme l'existence d'une flèche du temps d'une nature purement psychologique. On consultera : « Symmetry of physical laws : 1. Symmetry in space—time and Balance Theorems (Reviews of Modern Physics, 1955, p. 26 et 179) ; ainsi que son article dans « Louis de Broglie, physicien et penseur, Paris, Albin Michel, 1952, p. 385 et sv.

3) Certains affirment qu'une direction du temps est inscrite dans la structure microcausale de l'univers ; Karl Popper défend cette thèse selon laquelle les rapports causaux singuliers déterminent une direction du temps. La théorie se trouve exposée dans « The Arrow of Time », Nature, 1956 et 1957.

4) la théorie la plus répandue veut que la direction du temps soit un phénomène statistique : les microprocessus sont réversibles mais les grands ensembles de ces processus sont irréversibles.

Cette thèse de Boltzmann, est, avec modifications, reprise par Schrodinger et Reichenbach. On lira de Hans Reichenbach : « The Direction of Time »

(University of California Press, 1956) et subsidiairement de Ernst Schrödinger : « Irreversibility », *Proceedings of the Royal Irish Academy*, tome 53 (p. 189-195). Max Born dans « *The Natural Philosophy of Cause and Chance.* » (Oxford 1949), épouse également ce point de vue (sans oublier son grand protagoniste. A. S. Eddington, qui toutefois, voyant moins bien que les précités la force des résultats des Ehrenfest, est moins actuel dans ce contexte).

5) Certains encore défendent une théorie cosmologique de l'irréversibilité du temps : l'irréversibilité serait due à l'expansion constante de l'univers.

6) Comme les défenseurs des thèses objectives (microcausales, statistiques ou cosmologiques) rencontrent des difficultés, ils se voient parfois contraints de défendre un temps qui n'est que localement irréversible (cette localisation peut être spatiale et réduite à une région de l'univers, ou temporelle ne concernant qu'un intervalle de l'existence de l'univers)

7) D'autres objectivistes, qui reconnaissent la difficulté de trouver un substratum objectif pour l'irréversibilité du temps, mais qui refusent cependant d'en limiter la validité, se rejettent vers une solution de désespoir : Whittrow affirme que le temps est irréductible et sui generis ; il est irréversible mais il n'existe aucun phénomène ou processus physique à partir duquel on puisse le définir. (voir « *The Natural Philosophy of Time* » par G. Whittrow, Nelson 1961).

8) Costa de Beauregard lui, se classe dans la catégorie des auteurs qui veulent défendre une théorie à la fois subjective et objective du temps. L'impression d'irréversibilité du temps serait la double conséquence d'une part d'un aspect objectif de l'univers, d'autre part d'un processus propre à l'être vivant et même à l'être conscient.

Notre critique de l'ouvrage de Beauregard va nous forcer dans une certaine mesure à rejeter certaines de ces solutions. Mais nous ne pouvons penser à développer dans ce contexte-ci une théorie complète du temps. Tout ce que nous pouvons avoir l'ambition de faire, c'est d'énoncer certaines conditions d'adéquation auxquelles les futures théories du temps doivent satisfaire.

L'importance du travail de notre auteur se confirmera précisément par les réactions critiques qu'il suscitera.

3. SOLUTION SUBJECTIVISTE OU OBJECTIVISTE DU PROBLÈME.

Déterminons tout d'abord s'il s'agit ici d'une théorie subjective du temps. Les faits suivants sont présumés :

1) L'univers est dans une de ses dimensions ordonné selon entropie croissante (ou décroissante : selon l'orientation du parcours)

2) La dimension qui présente cette propriété coïncide avec la dimension figurant avec un signe négatif dans l'expression de la distance relativiste.

Ces faits sont des propriétés de l'univers objectif, et donnent donc à la théorie du temps une base objective. Il faut d'ailleurs noter qu'ils restent inexpliqués.

3) Du côté du sujet, il est présupposé que les êtres vivants tendent à augmenter sans cesse leur information, (et sont de ce fait obligés de se mouvoir en direction d'une entropie croissante).

Or, dans le sens usuel de l'expression « tendre à », le temps orienté et irréversible est présupposé. Si nous suivons donc l'usage, l'explication de Beauregard cesse de satisfaire puisque le temps orienté dont elle prétend déduire l'orientation, est précisément nécessaire au préalable pour la formuler. Pour éviter ce cercle nous devons donc autrement interpréter la notion « tendre à ».

Nous ne pouvons pas donner à l'expression « tendre à » son sens usuel. Considérons dès lors l'être vivant et conscient comme un système matériel, (tel que la cybernétique qui n'est guère dualiste, veut que nous le fassions). Ce système matériel est également une partie de cet espace-temps relativiste, déployé selon de Beauregard « in aeternitate ».

Que veut dire dès lors, la phrase (3)? Elle veut dire ceci : si j'explore ce sous-système vivant dans le sens de la négentropie croissante (*id est* : dans le sens où il augmente son degré d'organisation et emmagasine de plus en plus d'information), j'explore en même temps l'univers global dans la direction de l'entropie croissante. Ou inversement : les sous-états vivants insérés dans des états globaux d'entropie croissante sont des sous-états d'entropie décroissante.

Dans la formulation exacte de notre troisième présupposé, pour éliminer la relation « avant-après » qui ne peut y figurer, nous avons dû chercher un substitut ; mais ce substitut n'est substitut acceptable que dans la mesure où j'ai déjà le droit de dire qu'un état postérieur est un état d'entropie croissante (et inversement). Or, je cherche précisément à démontrer que cette équivalence doit nécessairement paraître vraie à un être vivant. *Mais pour écrire sans cercle vicieux la prémisse servant à établir cette identité apparente, je dois poser l'identité réelle. Je n'ai donc rien gagné.*

En d'autres mots : *dans le concept même d'un être téléologique, dirigé vers un but, le temps orienté est présupposé.* Il ne sera donc pas possible d'établir l'apparence du temps orienté par des propriétés dérivant de celles des êtres téléologiques. Costa de Beauregard l'essaie cependant mais ne voit

pas le cercle dans lequel il se meut parce que sa conception foncièrement dualiste ne lui suggère pas de voir les psychismes vivants eux mêmes comme sous-systèmes de l'espace-temps relativiste.

Lisons en effet, à la p. 115 de son livre : « en vertu d'un principe vital essentiel, l'information d'origine expérimentale d'un psychisme lié à la matière est une entité essentiellement croissante » — (*et en note* : « nous disons bien l'information du psychisme, et non pas négentropie du cerveau : la négentropie qui s'inscrit dans le cerveau est sujette à la loi fatale de la dégradation à la Carnot ») Nous ne citons ce texte que pour en montrer le caractère révélateur : de Beauregard pourra, dans la définition même du psychisme présupposer un temps orienté, sans se sentir s'éloigner de son projet original (qui était de déduire un temps orienté réel ou apparent pour la totalité ou une partie de l'univers physique), parce que pour lui le psychique et le physique ne seront pas sous systèmes les uns des autres.

A la lettre nous ne pourrions donc pas suivre de Beauregard quand il croit avoir établi une théorie partiellement objective, partiellement subjective du temps.

Une fois de plus le temps est présupposé, là où il aurait dû être déduit. Mais cette remarque ne détruit pas le moins du monde l'intérêt de sa tentative. Cet intérêt pour une pensée non dualiste (telle que la cybernétique la veut) est d'étudier les liaisons entre les évolutions irréversibles d'un univers dans sa totalité et les évolutions irréversibles de certains sous-systèmes importants (tels les êtres finalisés et dirigés par l'information acquise sur leur milieu).

Nous voulons encore d'une autre façon rendre probable notre thèse selon laquelle la cybernétique présuppose le temps, irréversible et orienté, et n'est donc pas susceptible d'en fonder l'existence.

En effet, même si nous acceptons le raisonnement de Costa de Beauregard sans critique, il ne peut démontrer que ce qui suit : un être vivant tendant à augmenter sans cesse son information doit, de par la généralisation donnée par Brillouin au principe de Carnot, nécessairement explorer l'univers de façon telle que l'entropie lui paraît augmenter. C'est à dire : pour cet être la rétrodiction du fait particulier doit être possible s'il a laissé des traces mais la prédiction du fait particulier doit paraître impossible tandis que la prédiction du général doit être possible et la rétrodiction du général impossible.

Ce qui est déductible à partir des prémisses de Beauregard, c'est — nous le répétons — l'asymétrie de la prédiction et de la rétrodiction.

Or, si on veut analyser ou fonder l'irréversibilité du temps, ce n'est pas cette asymétrie épistémologique qu'il s'agit de déduire mais tout au contraire une asymétrie ontologique. Car, le passage de l'une à l'autre n'est pas possible.

Nous voulons le montrer à l'aide d'un exemple (que nous empruntons à Nicolas Rescher).

Nous considérons un système déterministe, susceptible de trois états au moins A, B et C. Le système présente la loi opérationnelle suivante : dans l'état A, il passe en B, dans B il passe en C, dans C il passe en B. Si nous nous trouvons en B il nous est impossible de savoir si l'état immédiatement précédent était A ou C. D'autre part la prédiction est toujours possible, tandis qu'en B il est clair que la rétrodition n'est pas possible. D'une façon plus générale : si le graphe des transitions d'un état vers un autre présente des flèches convergentes, tout en ne présentant pas de flèches divergentes, l'asymétrie complète entre prédiction et rétrodition existe, et cependant (c'est ceci qui nous importe) il n'y a aucune véritable orientation dans ce graphe qui peut être parcouru prenant n'importe quel des états comme origine, et qui peut présenter un nombre quelconque de passages par les mêmes états.

Cet exemple suffit pour nous apprendre ceci : toute déduction qui établit que l'univers doit se montrer à l'être vivant de façon à présenter une asymétrie entre prédiction et rétrodition, est trop faible, pour établir une véritable orientation de ce même univers, une véritable irréversibilité du temps.

Nous devons donc fondamentalement répondre à Costa de Beauregard a) votre déduction n'est satisfaisante que dans la mesure où on veut établir une flèche purement subjective du temps. Elle cesse de l'être si on veut véritablement établir une théorie à la fois subjectiviste et objectiviste et b) votre déduction présuppose dans une de ses prémisses (le système finalisé) le même temps orienté dont il s'agit d'établir et de fonder l'existence.

Mais-nous l'avons déjà dit (et nous sentons le besoin de le redire) cette impossibilité dans laquelle nous nous trouvons de suivre l'auteur jusqu'au bout ne nous empêche pas d'affirmer que l'étude (qu'il commence) des rapports entre l'irréversibilité temporelle en général et la téléologie exacte cybernétique en particulier nous paraît à la fois utile et nécessaire.

C'est précisément pour qu'on insiste moins sur les liaisons entre information et temps, et plus sur les problèmes posés par les interrelations entre le système rétroactif en général et le temps en général que nous croyons utile de ne pas identifier à tout jamais la conception ici présentée avec celle que nous devons essayer de réaliser dans l'avenir.

4. QUELQUES ANALYSES LINGUISTIQUES.

Puisque notre problème a été résolu de tant de façons différentes, nous devons nous attendre à ce qu'il n'a pas été partout ni toujours compris de la même façon.

A première vue il paraît simple : il s'agit de démontrer que l'univers comporte un processus qu'il est possible d'identifier avec le temps et qui a la propriété d'irréversibilité. Ce processus doit donc être à ce point compréhensif que tout autre processus en fait nécessairement partie.

S'il est difficile de trouver un processus satisfaisant à ces conditions, les conditions elles mêmes paraissent cependant claires.

Mais toute notre attention doit être dirigée vers le mot « irréversible ». Max Planck, dans ses « Vorlesungen über Thermodynamik » (10^e édition, De Gruyter, Berlin, 1954), nous donne la définition classique : « (page 83, par. 112) « ein Prozesz, der auf keine einzige Weise vollständig rückgängig gemacht werden kann, heiszt irreversibel, alle anderen Prozesse « reversibel ». Planck, au cours du même paragraphe, nous explique même ce qu'il faut entendre par « rückgängig machen ».

On élimine complètement un processus si, en utilisant des moyens quelconques, pouvant venir de n'importe quelle partie de l'univers, on restaure cet univers dans l'état identique à celui dans lequel il se trouvait au moment où le processus commençait. « dasz es selbst mit Anwendung aller in der Natur vorhandenen Reagenzien kein Mittel gibt, um, wenn den Prozess abgelaufen ist, allenthalben die gesamte Natur in den Zustand zurückzubringen, den Sie an Anfang des Prozesses besasz » (p. 83 op. cit).

La définition de l'irréversibilité comporte donc les notions suivantes : a) la notion d'univers dans son ensemble, b) la notion d'opération possible, c) la notion d'état d'un système et de l'univers dans son ensemble d) la notion d'identité ou de différence entre états de systèmes (et de l'univers dans son ensemble).

Toute transformation dans la définition *d'univers, d'état, d'identité entre états*, de *possibilité* affectera donc nécessairement d'une façon fondamentale la notion d'irréversibilité elle même.

Donnons quelques exemples qui concrétisent cette dernière remarque.

L'impossibilité de restaurer l'état initial peut être une impossibilité logique (la supposition de l'existence des opérations compensatoires serait logiquement contradictoire), ou une impossibilité physique (l'impossibilité peut être due à des lois physiques) ou technique (il se peut qu'il y ait à tout jamais pour un être faisant partie de l'univers impossibilité de renverser les mouvements de tous les particules dans cet univers, même si ce renversement n'est ni physiquement ni logiquement impossible : ceux qui soulignent que le nombre d'amplificateurs nécessaires pour enregistrer les états de mouvements d'un univers même classiquement déterministe serait trop grand pour permettre la mise en œuvre d'un renversement systématique pensent à cette dernière irréversibilité).

Depuis la mécanique quantique, nous savons que la notion d'état, et tout autant celle d'identité ou de différence entre états n'est pas dénuée de problèmes non plus. Nous pouvons définir l'identité ontologiquement (deux états identiques sont deux états dont les grandeurs d'état sont rigoureusement identiques) ou opérationnellement (deux états identiques sont deux états dont les grandeurs d'état observables ont observationnellement des valeurs indiscriminables). Les deux définitions sont manifestement différentes. Si en outre toutes les grandeurs d'état ne sont pas co-mesurables, nous devons, avant d'affirmer l'identité, ou bien demander l'identité de toutes les descriptions d'état admissibles toujours incomplètes, ou bien demander simplement l'identité pour une ou quelques descriptions d'état considérées comme privilégiées.

Nous ne voulons pas mentionner ces faits pour créer d'inutiles problèmes mais pour montrer la complexité d'une question, dont le caractère multiforme ne s'est pas montré suffisamment à notre sens dans l'ouvrage de Costa de Beauregard qui se plaît à lier (sans démontrer toujours la nécessité de ces liaisons) ce que nous tentons de tenir distinct ici.

Une fois que Max Planck a défini l'irréversibilité tel qu'il l'a fait, il en déduit que tout processus irréversible comporte dans son état final une grandeur qui est ou bien plus grande ou bien plus petite que pour l'état initial. Montrer que tout processus est irréversible c'est donc montrer que tout processus a cette propriété. La grandeur pourrait être différente de processus à processus, ou identique dans tous les processus. Planck a certes raison d'affirmer que l'impossibilité de récupérer l'état initial est suffisamment représentée par la croissance ou décroissance régulière d'une grandeur : supposons en effet la condition quantitative satisfaite pour tous les processus et supposons une restauration réussie pour un système partiel. L'opération elle-même devra cependant obéir à la loi de croissance ou de décroissance et l'état final ne sera pas identique à l'état initial. Inversement cependant, la supposition de Planck pourrait être susceptible d'une généralisation : rien en effet ne nous oblige à croire que toutes les différences entre états soient quantitativement mesurables et il suffirait donc de dire que l'état final et initial se distinguent par une valeur d'une variable ordinale, variable ordinale qui n'est pas mesurable, mais dont les valeurs croissent ou décroissent sans exception dans tout processus possible.

De ce point de vue là, l'étude de l'irréversibilité est un chapitre de l'étude des ensembles partiellement ordonnés ou complètement ordonnés. En effet : supposons que l'ensemble (E) soit l'ensemble des états possibles d'un système. Supposons que la relation A soit définie sur (E), et que cette relation ait les propriétés suivantes :

- 1) A est antiréflexive : aucun état ne se précède soi-même.

- 2) A est antisymétrique : Si E1 précède E2, E2 ne précède pas E1.
- 3) A est transitive. Si E1 précède E2 et E2 précède E3, E1 précède E3.
- 4) Pour tout couple d'états E1 précède E2 ou E2 précède E1 (A est strictement connexe).
- 5) nous pouvons définir la relation de « préséance immédiate » (E1 précède E2, et il n'existe pas de E3 tel que E1 précède E3 et E3 précède E2), et exiger que tout état n'ait qu'un successeur immédiat et un prédécesseur immédiat (biunivocité de la relation de préséance immédiate).

Dans ce cas, l'ensemble E est complètement ordonné par la relation A et nous dirons que le système S dont (E) est l'ensemble des états *évolue dans un temps irréversible*.

S évolue dans un temps *strictement irréversible* si a) il est nécessaire que les états de S soient des éléments de E, b) s'il est nécessaire que E soit ordonné par A, c) et s'il est nécessaire que A possède chacune des propriétés de A.

Dans ce qui précède, nous avons parlé du système global et nous ne nous sommes pas référés à la connaissance que nous prenons du système. Or, dans le chapitre II de Costa de Beauregard, l'irréversibilité du temps apparaît sous un jour entièrement différent : il s'agit là de l'asymétrie entre les problèmes de prédiction et de rétro-diction (voir par exemple p. 23).

Nous dirons que l'ensemble E est *cognitivement irréversible* de façon déterministe ou probabiliste :

a) si à partir d'un état E on peut *prédire* tous les états futurs sans pouvoir reconstituer aucun état passé (ou reconstruire tous les états passés sans prédire aucun état futur).

b) si à partir d'un état E on peut déterminer des probabilités pour les états futurs tandis qu'on ne peut reconstruire qu'à l'aide de probabilités moins divergentes (ou inversement).

Cet état de choses peut être supposé réalisé pour tous les états E. (ou pour un sous-ensemble des états E).

L'irréversibilité ontologique et cognitive sont à comparer quant à leur dépendance réciproque.

Nous pouvons distinguer l'irréversibilité cognitive stricte de fait et celle de droit.

Or, nous n'avons pas seulement à faire à des systèmes pris globalement, ni seulement à des systèmes isolés. Pour décomposer les états globaux, nous pouvons choisir comme atomes les événements singuliers ou les qualités simples et inanalysables attribuées à des objets simples et inanalysables. Dans ces deux formes de décomposition, nous pouvons dire qu'il y a irréversibilité ontologique ou cognitive si pour ces événements singuliers (ou pour ces propriétés singulières) il existe une relation d'ordre qui a les pro-

priétés des relations décrites précédemment (respectivement pour les situations ontologiques ou épistémologiques).

Si nous considérons des ensembles de systèmes ou des ensembles d'états ou des ensembles d'atomes événementiels ou qualitatifs nous pouvons définir entre ces ensembles des approximations plus ou moins strictes aux ordres de fait et de droit qui imposent l'irréversibilité.

Par exemple, on demanderait que fort peu d'éléments des ensembles d'états se précèdent eux mêmes (où que fort peu soient précédés par des éléments du même ensemble)

De façon analogue on généralise les autres conditions. Le « fort peu » utilisé dans ces généralisations peut se concevoir encore une fois de différentes façons.

Or, la recherche sur l'irréversibilité, à la lumière des définitions qui précèdent en revient au fond à poser les problèmes suivants :

- a) si ces conditions ne sont satisfaites que pour une partie d'un domaine, comment puis je les étendre pour la totalité du domaine?
- b) si une de ces conditions est satisfaite, dans quelles conditions puis je satisfaire les autres?
- c) si les conditions sont satisfaites pour des atomes, sous quelles conditions seront elles satisfaites pour des états globaux et sous quelles conditions le seront-elles pour des ensembles d'états? (et inversement).
- d) Quelles sont les conditions suffisantes, nécessaires ou à la fois suffisantes et nécessaires de ces extensions?
- e) supposons que nous connaissions des relations entre des propriétés qualitatives ou relationnelles des atomes, des états partiels ou des états globaux, relations qui ne se réfèrent pas à un ordre ayant les propriétés de l'ordre temporel. Dans quelles conditions de la conjonction de ces relations suit la possibilité ou la nécessité d'un ordre temporel? Dans quelles conditions aussi suit l'unicité de cet ordre (car rien n'exclut que des ordres différents soient impliqués par ces lois, ordres irréductibles les uns aux autres et cependant compatibles).

Si notre hypothèse est exacte et si ce sont véritablement ces questions-là qui doivent être traitées dans une théorie de l'irréversibilité du temps ; alors la théorie de l'irréversibilité du temps doit trouver sa place dans la théorie des ensembles ordonnés et des ensembles semi-ordonnés. Qu'il en est bien ainsi, est déjà presque démontré par le parallélisme entre certaines questions qu'on est naturellement amené à se poser en théorie des structures ordonnées et partiellement ordonnées et les questions-clef d'une théorie du temps. Donnons quelques exemples.

La théorie causale de la direction du temps est une dérivation d'un ordre sur les états globaux à partir d'un ordre sur les états partiels. La théorie thermodynamique de la direction temporelle est une dérivation d'un ordre sur des états globaux, d'un ordre sur des ensembles d'états globaux.

Il n'est pas impossible de développer une combinatoire des systèmes réversibles et irréversibles, en définissant différentes opérations reliant les uns aux autres des systèmes réversibles et irréversibles.

Nous pouvons relier S1 et S2 en *série* (le dernier état de S1 produit le premier de S2, si S1 et S2 sont irréversibles, ou un des états de S1 produit un état de S2 qui sera suivi en un nombre fini d'étapes de tous les états de S2 si S1 et S2 sont réversibles) ou en *parallèle* : un système T1 produit soit le système S1, soit le système S2. Nous voyons déjà que les définitions de la liaison en série ou en parallèle seront très différentes pour des systèmes irréversibles ou réversibles (et nous voyons aussi que nous pouvons caractériser des degrés de réversibilité qui correspondent au nombre et à la longueur des cycles dans le graphique des états). Deux systèmes irréversibles reliés en série peuvent produire un système réversible, mais deux systèmes réversibles reliés en série ne semblent pas pouvoir constituer un système irréversible (bien que nous ne possédons pas de preuve de ce dernier théorème, nous le conjecturons ainsi que le théorème suivant : deux systèmes réversibles reliés en cycle peuvent produire un système irréversible).

Un système réversible et un système irréversible reliés en parallèle peuvent (mais ne doivent pas nécessairement) constituer un système réversible.

À côté des opérations de liaison que nous avons mentionnées, nous pouvons encore examiner les opérations d'insertion, les opérations de détachement, les opérations de projection.

Il est évidemment du plus haut intérêt de savoir quand des systèmes irréversibles peuvent être complétés jusqu'à devenir réversibles, et quand des systèmes irréversibles peuvent être représentés de façon isomorphique en des systèmes réversibles.

Le développement de cette combinatoire devra servir de test pour notre compréhension des différentes formes (strictes et faibles, ontologiques et cognitives) de réversibilité. Les conditions d'adéquation que nous voulions imposer à toute solution du problème de l'irréversibilité ne se comprennent qu'en examinant les modifications que leur acceptation ou leur refus apporteraient à la combinatoire.

C'est, croyons nous, à partir de cette combinatoire, une fois qu'elle sera suffisamment connue, que nous apprendrons à connaître les propriétés des divers systèmes irréversibles par perte ou gain d'une des nombreuses « in-

formations », ainsi que les propriétés des divers systèmes irréversibles par perte ou gain d'une des nombreuses « entropies », ainsi que des divers systèmes mixtes irréversibles, à la fois par gain ou perte d'information, ou par gain ou perte d'entropie, et cela dans leur totalité ou dans différents systèmes partiels.

Le lecteur pourra depuis quelque temps avoir l'impression que nous avons délaissé par trop l'analyse des thèses de notre auteur. Il n'en est rien cependant. Nous avons ajouté aux remarques critiques que nous avons déjà l'occasion de formuler dans les paragraphes précédents deux nouvelles remarques critiques qui nous paraissent non moins importantes. Pour les formuler nous avons besoin de tout ce qui précède.

Nous avons vu que le problème de l'irréversibilité se scinde en une foule de sous-problèmes. Nous avons pu constater dans notre résumé initial des thèses du livre que nous analysons, que ces sous-problèmes ne sont pas distingués suffisamment les uns des autres par l'auteur.

Mais nous avons surtout vu qu'en dessous du problème quantitatif, en dessous du problème soumis à la sagacité des analystes et des spécialistes du calcul intégral-différentiel, il y a un problème algébrique. Ce problème algébrique est le véritable nœud du problème de l'irréversibilité et *c'est ce problème algébrique que, dans la littérature autour de l'irréversibilité, nous ne trouvons jamais traité.*

Une des raisons qui nous ont incité à écrire cette note critique était notre désir de faire voir qu'en dessous du traitement thermodynamique visible nous devrions voir ces fondements invisibles mais essentiels.

Nous ne pouvions pas résoudre ce problème. Nous voulions au moins qu'on le pose. Et nous voulions qu'on le pose en rapport avec l'étude des relations entre les systèmes rétroactifs et le temps : car la rétroaction elle aussi est fondamentalement une structure algébrique et l'affirmation fondamentale qui se trouve dans l'ouvrage de Costa de Beauregard est au fond celle-ci : *c'est en immergeant des structures partiellement ordonnées ou faiblement ordonnées en des structures de cycles rétroactifs, qu'on pouvoit (uniquement, ou le mieux : selon qu'on interprète ambitieusement ou moins ambitieusement sa thèse), obtenir (à la suite de quelles opérations ?) des structures plus complètement ou plus fortement ordonnées.*

Nous ne pourrions certainement ni répondre oui, ni répondre non à cette thèse cachée. Mais l'extraire de ce qui l'entoure, la voir dans sa nature essentielle, voilà ce que nous voulions faire après avoir lu l'ouvrage passionnant qui est devant nous. Nous voudrions encore d'une autre façon montrer un visage inattendu du problème de l'irréversibilité. Nous croyons en effet que ce problème peut et doit aussi être traité comme un problème sémantique (inséré dans la théorie des modèles, à laquelle Alfred Tarski a

donné tant d'ampleur). Nous disons ici comment nous voyons cette insertion.

Commençons en prenant deux exemples de lois qui définissent des mouvements, dits « réversibles ».

Henryk Mehlberg nous dit, p. 112 de son « *Physical Laws and Time's Arrow* » : « Newton's laws of motion are systems of ordinary differential equations of the second order, involving time as the independent variable. *The temporal covariance of these laws follows immediately from their algebraic structure*, provided that the time variables occur only in the second temporal derivatives of the position variables (112). Autrement dit : si dans des lois, les fonctions du temps n'interviennent que par la variation de leur variation, la direction du temps ne peut avoir aucune influence : $f(t) = f(-t)$.

Nous soulignons donc que selon Mehlberg, la forme algébrique des lois Newtoniennes est une condition suffisante pour la réversibilité des mouvements qui se font en accord avec ces équations. Ces conditions suffisantes de réversibilité ne sont cependant pas des conditions nécessaires de réversibilité. En effet, nous apprenons page 113 « Maxwell's theory consists of a set of partial differential equations of the first order in regard to time ; consequently they may be seen not to be identically covariant under time reversal. It can be shown however, that a reversal of time would also entail the reversal of magnetic field strength and of electric current, and that in conjunction these three reversals suffice to render Maxwell's theory insensitive to a replacement of the time variable t with $-t$ » (p. 113).

La solution du problème de la réversibilité et de l'irréversibilité prendrait, à la lumière des textes que nous venons de voir, la forme suivante : donnez les conditions nécessaires et suffisantes auxquelles un système de postulats doit satisfaire pour que la substitution de $-t$ pour t laisse les postulats et leurs conséquences invariants.

C'est un problème de syntaxe générale. L'aspect le moins général qu'il présente est la référence à la variable t . Nous pourrions toutefois aisément généraliser en remplaçant « substitution de $-t$ par t » par « en remplaçant une relation d'ordre par rapport à laquelle toutes les valeurs des variables que comporte la théorie sont ordonnables, par sa converse ». Si on veut bien énoncer le problème ainsi, il est clair que dans les textes consacrés jusqu'à maintenant au problème de l'irréversibilité, manque toute prise de conscience de ce problème qui appartient à la théorie générale de la syntaxe des systèmes formels.

Ce problème n'est d'ailleurs pas nécessairement syntaxique. Nous pourrions aussi le formuler comme suit : donnez les conditions nécessaires et suffisantes auxquelles doivent satisfaire des systèmes d'énoncés tels que *a*)

pour tout modèle de ces énoncés il existe un second modèle de ces mêmes énoncés, tel qu'au moins par rapport à une relation d'ordre définie sur M_1 , M_2 est ordonné par rapport à la converse de cette relation d'ordre b) ou bien il existe au moins un modèle de ce système d'énoncés qui possède un contre modèle qui soit également modèle du même système d'énoncés.

Ces conditions sont les conditions de la réversibilité.

Le problème de l'irréversibilité est donc à la fois un problème d'algèbre abstraite, un problème de syntaxe générale et un problème de sémantique générale.

Encore une fois, nous ne pouvons reprocher à Costa de Beauregard de ne pas avoir répondu à des questions qu'il n'a pas posé. Mais une fois qu'on a l'ambition, fort légitime, de mettre en liaison des sciences aussi éloignées les unes des autres que ne le sont la thermodynamique et la cybernétique, il est indispensable de poser les questions dans toute leur généralité.

Nous ne trouverons pas de meilleure conclusion pour cette partie analytique de notre examen des thèses de Beauregard que dans l'énoncé de quelques conditions d'adéquation auxquelles toute solution du problème de l'irréversibilité devra satisfaire (ces conditions se déduisent quasi automatiquement des formulations que nous venons de donner aux problèmes)

1) Supposons qu'après avoir accompli une évolution, une partie appréciable de l'univers suive une évolution exactement inverse. Nous ne dirons pas que le temps a renversé son cours ; nous dirons seulement qu'après certains processus d'autres processus se sont déroulés. Supposons que l'univers dans sa totalité suive un cours renversé. Nous ne dirons même pas dans cette éventualité-là que le temps retourne en arrière. La raison du fait que nous n'adopterons pas cette bouleversante hypothèse c'est que nous continuons à compter de plus en plus d'événements et que le temps nous paraît précisément être le support objectif de ce décompte qui continue. Notre hypothèse est au fond contradictoire : d'une part nous supposons que notre système nerveux et notre mémoire continue son développement normal et d'autre part nous présupposons que le reste de l'univers retourne en arrière. C'est de cette hypothèse contradictoire que nous déduisons alors trop facilement (comme le fait par exemple Smart) que le problème de l'irréversibilité est un pseudo-problème puisque toutes les inversions et permutations possibles ne suffiront pas encore pour qu'on conclue à une inversion du cours du temps. Nous ne devons pas au contraire partir de cette hypothèse contradictoire et nous ne devons donc pas conclure au caractère purement verbal du problème de l'irréversibilité. Mais nous pouvons, comme nous le rappelions il y a un instant, sans affecter l'irréversibilité du temps inverser de nombreux et importants processus partiels. *Quelle que soit la solution du problème de l'irréversibilité, la com-*

patibilité de l'ordre global avec l'inversion de nombreux ordres partiels est à préserver. C'est une première condition d'adéquation.

2) La première condition d'adéquation tend à garantir suffisamment d'indépendance à ce processus fondamental qu'est le temps. Cette indépendance ne peut toutefois aller trop loin. Affirmer que le temps est sui generis, irréductible à autre chose et inexprimable à partir de processus physiques concrets, c'est absolutiser le temps, et l'isoler en une hypostase substantialiste. S'il est au contraire vrai que tout événement est dans le temps, le lien entre temps et événement n'est explicable que si le temps est véritablement inhérent à la suite des événements. *Toute théorie de l'irréversibilité doit donc lier le temps à la séquence des événements qui se passent en lui.* Le lecteur pourrait se dire que cette condition est trivialement satisfaite par les théories qui s'affrontent, mais nous voudrions lui faire remarquer qu'une théorie comme celle de G. Whittrow souligne à ce point le caractère indéfinissable et autonome du temps qu'elle ne satisfait plus à cette seconde condition d'adéquation.

Ces deux conditions d'adéquation sont inhérentes aux formulations syntaxico-sémantiques du problème que nous présentions il y a un instant.

3) Enfin, toute théorie de l'irréversibilité doit être une théorie objectiviste. Une théorie subjectiviste serait de toute façon contrainte à introduire le temps irréversible pour les processus psychiques humains. Or, l'ayant introduit pour ces processus là, le joint avec les processus physiques non temporalisés ne serait pas trouvable et cependant nécessaire de par la nature du fait humain lui-même. Une théorie objectiviste est d'autant moins dangereuse que les versions algébriques, syntaxiques et sémantiques du problème sont parfaitement capables de solutions complètes ou partielles sans référence aucune à un sujet pensant.

Pour les mêmes raisons, nous ne pouvons croire qu'une solution qui admettrait des temps partiels (soit spatialement, soit temporellement localisés quant à leur irréversibilité) soit défendable : le raccordement de ces temps partiels avec les temps réversibles globaux ne serait pas pensable.

4) L'approche analytique nous permettra aussi de soutenir que toute solution purement microscopique, ou toute solution purement macroscopique du problème du temps est à rejeter. S'il est possible de définir l'irréversibilité temporelle il faudra la définir sur les deux niveaux en question. (c'est à dire une solution à la Popper sera à combiner avec une solution à la Reichenbach). En effet, tout semble indiquer qu'il n'y a pas de niveau ultime ni dans le sens de l'infiniment petit ni dans le sens de l'infiniment grand ; tout semble indiquer aussi que tous les niveaux peuvent entrer en interaction les uns avec les autres ; tout semble indiquer donc que la

réversibilité et l'irréversibilité se décident dans l'interaction entre les différents niveaux et ne peuvent se cantonner sur un seul niveau.

Nous tenions à attirer l'attention du lecteur sur la possibilité de formuler cette problématique d'une façon telle que dès le début ces quatre conditions seraient garanties.

5. L'INFORMATION.

Nous avons jusqu'à maintenant étudié le problème de l'irréversibilité dans toute sa généralité. Nous devons surtout examiner la solution particulière que propose Costa de Beauregard. Or, cette solution est toute entière liée à la notion d'acquisition d'information. Nous en répétons encore une fois les traits essentiels : c'est parce que toute acquisition d'information se paye par une augmentation d'entropie dans le système sur lequel (ou à l'aide duquel) l'information s'acquiert, que l'acquéreur d'information doit nécessairement avoir devant soi un univers dont il voit s'augmenter l'entropie.

Il est clair que nous pouvons avoir des doutes concernant deux aspects de cette théorie *a)* concernant la liaison entre entropie et information et *b)* concernant l'information elle-même. Dans le présent paragraphe nous voulons précisément aborder cette notion d'information. Nous allons montrer que l'information telle que Shannon la définit n'est qu'une première approximation fort particulière à la notion prise dans toute son ampleur telle qu'on en a besoin quand on veut à l'aide de cette notion traiter le problème du temps. Or, pour cette notion d'information prise dans sa véritable signification, les rapports avec l'entropie se présentent sous un autre jour.

Commençons par une analyse naïve de la notion d'information. Toute information est la modification d'une attente. C'est de ce point que nous voulons partir pour saisir les développements techniques fort complexes apportés récemment dans l'étude de cette notion. Un organisme se trouve placé devant son milieu. Ce milieu peut présenter une multiplicité d'états. Appelons ces états e_1 et l'ensemble de ces états E . Supposons que cet organisme puisse distinguer clairement entre ces différents états e_1 , et qu'il puisse également décider si un état quelconque est un élément de E ou ne l'est pas.

Un certain nombre de ces états sont équivalents pour cet organisme, en ce sens qu'il ne les distingue pas par rapport à ses capacités d'observation ou par rapport à ses besoins vitaux. Nous nous trouvons donc devant une classification que cet organisme impose aux états possibles de son milieu. Cette classification se caractérise par un certain nombre de caractéristiques

qu'il est utile d'avoir devant les yeux quand on discute la notion d'information :

- a) on classe les éléments selon un certain nombre de dimensions ou ordres.
- b) dans chacune de ces dimensions, on distingue un certain nombre de places (quantitativement définies si ces dimensions sont mesurables, ordinalement définies si ces dimensions ne sont que des ordres)
- c) aussi bien le grillage classificateur, que l'ensemble E, ou le placement de tel élément à une place précise d'une dimension, peuvent se faire avec des degrés différents de confiance dans l'hypothèse ainsi émise (nous ne spécifions pas plus avant comment nous interprétons cette confiance, bien qu'une définition opérationnelle en est possible).

Les attentes de l'organisme dont nous parlons sont précisément les probabilités qu'il accorde à l'insertion d'un élément donné dans une classe donnée (définie dans et par le grillage classificateur).

Mais une attente est une disposition à l'action. Une action se définit par ses buts. Donc : pour chaque état possible du milieu, et pour le faisceau (en général fort complexe) de buts poursuivis par notre organisme cet état frustre ou satisfait ces buts dans une certaine mesure. Pour simplifier nous pouvons admettre que ce degré de satisfaction peut être indiqué par un indice ordinal ou numérique unique (l'utilité).

Une modification des attentes d'un organisme consiste donc en un déplacement des probabilités qu'il accorde aux différents états possibles du milieu. *La quantité d'information veut mesurer la profondeur de cette modification.* En fonction de la description que nous venons de donner du système des attentes, nous voyons que ces modifications d'attentes peuvent prendre séparément ou simultanément les formes suivantes :

- 1) Une modification de l'ensemble E (formellement : un état e non considéré ou considéré auparavant comme ayant probabilité zero est inséré en E).
- 2) Une modification de la classification de E : ou bien on ajoute des classes distinctes à celles déjà en évidence ou on en élimine ou bien on augmente ou bien on diminue le nombre des dimensions de la classification.
- 3) Une modification des utilités attribuées aux éléments de E.
- 4) Une modification de l'endroit de E où l'on situe un élément quelconque (on situait e_1 en E' , sous ensemble de E et après réception d'un signal ou d'un message, on situe e_1 en F, où F peut être plus petit que E' , ou plus grand que E' ou disjoint de E').

Un signal est donc un opérateur qui travaille sur un ensemble d'attentes en les modifiant d'une certaine façon.

Cette constatation nous oblige à ajouter à l'ensemble E que nous avons déjà considéré, l'ensemble M des messages. L'organisme O reçoit donc des messages qui modifient ses attentes envers l'ensemble E des états du milieu. L'ensemble des messages peut être identique à ou différent de E (en fait il doit être contenu dans E tandis que E doit être plus large que M ; seules des interactions de E et O peuvent être incluses dans M, et il est logiquement nécessaire que E contienne encore d'autres éléments que ces interactions).

Ce qui précède implique donc 1) qu'il n'y a pas d'information pour quelqu'un qui n'attend rien 2) et par conséquent que sans *utilité* (le but qui organise et provoque les attentes) et sans *signification* (les objets des attentes) les signaux ne pourraient être dits « communiquer de l'information ».

Cette déclaration est d'une certaine façon triviale, et d'une autre façon scandaleuse. Elle est triviale parce que le sens du mot « information » (tel qu'on l'utilise dans les expressions : recevoir des informations, l'état de nos informations au sujet de, ceci ne comporte pas beaucoup d'informations nouvelles etc. etc.) est manifestement, dans l'usage courant, relié aussi bien à la relevance de l'information (il n'y a pas d'information dans une communication qui n'intéresse pas, c'est à dire qui n'affecte pas nos buts) qu'au contenu de cette communication (id est : à la classification du réel qu'elle affecte et détermine partiellement). Mais cette remarque triviale est aussi scandaleuse. Car, (bienqu'elle a été faite par d'excellents statisticiens et mathématiciens par ex. Barnard), elle semble méconnaître complètement la nature de ce qu'il est convenu d'appeler « théorie de l'information ». En effet, un autre lieu commun de la discussion récente est que la théorie de l'information fait abstraction aussi bien de l'utilité que de la signification (aussi bien Brillouin que Cherry dans leurs ouvrages bien connus le déclarent).

Pourquoi donc nous semblait il nécessaire de répéter ce que tout le monde sait tout en réjétant apparamment ce que tout le monde accepte ?

Parce que l'on ne comprend ni la multiplicité des mesures de l'information (mesures de Fisher, Shannon, Mac-Kaye-Gabor, Carnap-Bar Hillel) ni l'histoire de la théorie de l'information, ni les potentialités encore inexplorées de la théorie de l'information (suggestions de Good, et de Brillouin pour l'insertion de l'utilité en théorie de l'information ; liaisons entre théorie de l'information et théorie des jeux dues à Mandelbrot et Perez) si on ne comprend pas que la théorie de l'information est un effort tendant à développer un instrument de mesure, non seulement d'un aspect partiel et essentiellement technique de l'information (id est : de la modification des systèmes d'attentes), mais encore et surtout de la totalité de cet aspect important de l'adaptation des organismes à leur milieu.

Dans les quelques paragraphes qui suivent, nous voulons montrer la validité de cette remarque. Nous voulons donc montrer que la multiplicité des mesures de l'information s'explique à partir de notre conception du message informatif comme opérateur modifiant des systèmes d'attentes.

Mais prenons d'abord encore une précaution. Le mathématicien ou technicien pourrait croire que notre thèse, en réintroduisant des considérations philosophiques dans un domaine qu'il s'était réservé, ramène la notion qui nous occupe à ce qu'elle était avant Shannon et élimine ainsi toute possibilité d'étude exacte. Nous croyons qu'il n'en est rien. En effet : nous pourrions admettre que l'organisme peut se représenter par un système rétroactif complexe. Une information qui atteint un organisme a comme effet de modifier le fonctionnement d'un des multiples feedback qui le composent. Tout ce que nous disons, *c'est que la mesure de l'information, c'est la mesure des transformations de systèmes rétroactifs*. Or, une fois la définition du système rétroactif donnée, nous pourrions certainement développer une classification des transformations de systèmes rétroactifs. La seule difficulté que nous aurons, c'est celle de réduire à une seule quantité la mesure des transformations multiformes que peuvent subir ces systèmes rétroactifs. Même si on exclut les transformations structurelles, les modifications de critères, corrections, durées sont en effet encore suffisamment multiformes pour que toute mesure numérique simple de ces transformations constitue un problème majeur. C'est de ce problème majeur que la théorie de l'information est une solution très partielle.

Nous pourrions peut être même présenter un modèle plus abstrait. Donnons nous un ensemble de vecteurs, caractérisés par leur sens, direction et poids dans un espace de phase (les vecteurs représentent les attentes ; les utilités sont présentes par les poids et les directions ; les catégories classificatrices par les dimensions de l'espace des vecteurs ; les imprécisions par une relation d'indiscernabilité entre vecteurs). Bienque la distinction entre utilités et probabilités disparaît ainsi (le problème perdant ainsi une partie de ses aspects originaux) nous pourrions dire que *la mesure de l'information est une mesure du degré de différence entre deux faisceaux de vecteurs ainsi définis*.

Cette référence à la théorie des systèmes rétroactifs (qui prépare l'insertion de la théorie de l'information en cybernétique) et à des ensembles de vecteurs suffira pour convaincre le lecteur que notre but n'est pas de retourner en arrière mais au contraire d'aller plus en avant.

Pour mesurer maintenant les différences entre deux systèmes d'attentes, il s'agit de décider des paramètres essentiels qu'on utilisera pour caractériser chacun de ces systèmes d'attente. L'information sélective de Shannon caractérise essentiellement un système d'attente par sa dispersion.

En effet, ce paramètre est très important : si je m'attends à une multiplicité d'états possibles du monde, un message qui modifie le nombre de ces états ou l'intensité avec laquelle je dois les attendre (en concentrant mes attentes sur un plus petit sous-ensemble) est essentiel pour l'efficacité de ma réaction envers le monde extérieur. Il faut cependant se dire avec Bross que c'est dans la différence de deux mesures de dispersion que doit résider la mesure de l'information. Remarque importante bien que mathématiquement non essentielle (en ce sens qu'on remplace une quantité par une autre qui est complètement déterminée par la première). On a également décrit la mesure de Shannon comme étant une mesure du degré de surprise ; en effet si une distribution de probabilités sur un état est très concentrée, et si un état se réalise, la surprise sera moindre que si cette distribution est très étendue ou diluée. (L'effort de réorganisation des réactions du système avant ou après l'acte sera moindre). Le problème de l'adéquation de la mesure de Shannon à son but intrinsèque (*elle veut comme mesure de modification de dispersion, être une mesure partielle de la transformation subie par les systèmes d'attentes*) est donc double a) dans quel degré une mesure de modification de dispersion est adéquate comme mesure de la transformation du système d'attentes? b) dans quel degré une mesure uniquement fonction du nombre des états et des relations entre leurs probabilités, est une mesure adéquate de dispersion?

Sur le second point, nous avons une remarque précieuse de Yaglom et Yaglom. En effet, ces auteurs soulignent (page 52 et 53) que la mesure Shannonienne pour l'indétermination d'un essai ne capte pas tous les facteurs qui contribuent à cette indétermination « So hängt beispielsweise das Mass $H(a)$ nur von den Wahrscheinlichkeiten $p(A_i)$ $p(A_n)$ ab, aber überhaupt nicht davon, wie diese Versuchsausgänge selbst beschaffen sind — ob sie in irgendeinem Sinne einander benachbart oder sehr weit voneinander entfernt sind » (52, Yaglom et Yaglom, *Wahrscheinlichkeit und Information*, VEB, 1960).

Sur le premier point, nous devons également répondre dans la négative. Un système d'attentes peut transformer sa direction, son intensité, sa qualité, et peut même subir des déplacements qualitatifs, sans que la dispersion soit affectée. Russell Ackoff, dans son article « Towards a Behavioral Theory of Communication » (*Management Science*, vol. 4, n° 3, April 1958, pp. 218-234) à souligné le caractère partiel, comme mesure d'information, d'une mesure de dispersion.

Nous pouvons donc conclure que l'information Shannonienne ne peut nous donner qu'une image incomplète (bienqu'exacte et utile) de ce concept multiforme qu'est celui de l'information.

Nous voulons intercaler une remarque ici. Nous pouvons, si nous ne

voulons pas examiner l'information in vacuo, mais si nous voulons l'insérer dans une théorie exacte de la conduite, faire intervenir dans notre définition de l'information non seulement les transformations discontinues des systèmes d'attentes, mais encore les transformations progressives des systèmes d'attentes. Autrement dit : si tout système rétroactif est engagé dans un ensemble de conduites tendant à réaliser des optima, la quantité d'information d'un message ne doit pas seulement mesurer le degré de modification qu'il apporte à la conduite d'un système rétroactif, mais doit encore être une mesure de la diminution de la distance entre les buts visés par le système rétroactif et les résultats atteints. Formellement ceci devient : un système rétroactif exécute un programme. Si nous avons une mesure de l'achèvement d'un programme, l'information que comporte un message est fonction de l'augmentation du degré d'achèvement rendu possible par la réception de ce message. La quantité d'information serait ainsi en liaison non seulement avec les actions réelles qu'il faut exécuter mais encore avec les actions possibles (et non réalisées) devenues possibles à la suite de sa réception.

Les multiples facteurs qui déterminent le degré d'achèvement d'un programme seraient alors les paramètres dont une définition complète de l'information aurait à tenir compte.

Il y aura des programmes (par exemple : les programmes de localisation ou de sélection) dont le degré d'achèvement dépend essentiellement de la variabilité ou dispersion qui reste possible parmi l'ensemble des mouvements futurs et il y aura d'autres programmes pour lesquels il n'en sera pas ainsi. Une étude des conditions d'optimalité de l'information Shanonienne devient ainsi possible.

Les programmes de télécommunication (chercher à transposer un message sans erreurs) sont des programmes de localisation et nous comprenons donc que l'information Shanonienne est l'information qui convient dans ce contexte. Mais les mêmes raisons qui rendent explicables son excellence là, démontrent son inadéquation ailleurs.

Nous pouvons conclure ainsi que la mesure de l'information est une mesure des modifications introduites par un message dans un processus temporel qui se déroule.

C'est à dire : le temps doit nous être donné pour que l'information puisse trouver une définition adéquate.

Nous disons donc à Costa de Beauregard exactement l'inverse de ce que lui dit Henryk Mehlberg. Ce dernier, en effet, affirme : « as a starting point for a new attack on the problem of time's arrow, the theory (id est : information theory) seems totally inappropriate. For information, defined in this theory in terms of entropy-viz as the negative value of entropy which

is admittedly governed by time — symmetrical laws — must evolve also according to such laws ». (117-118). Nous disons, quant à nous : l'information n'est pas définissable par l'entropie ; elle doit au contraire trouver une définition authentiquement cybernétique. Les conditions d'adéquation pour une définition cybernétique de l'information sont telles cependant que le temps s'y trouve présupposé au lieu de pouvoir être fondé sur une pareille théorie de l'information.

Nos analyses de l'information n'avaient comme but que de montrer ceci et c'est pourquoi nous les achevons ici.

Leur utilité ne se montrera cependant pleinement que dans la mesure où, à côté de la multiplicité de la notion d'information, la multiplicité de la notion d'entropie sera également comprise

Nous savons que la notion d'entropie se définit comme suit, en supposant que deux systèmes matériels sont en contact et qu'un transfert de chaleur a lieu. Si nous représentons la température absolue d'un système par T , une quantité de chaleur par Q et l'entropie par S , l'équation définissant S a la forme suivante $dQ/T = dS$. (La modification d'entropie est égale à la modification de chaleur divisée par la température absolue). C'est cette entropie là qui serait toujours positive dans toutes les interactions physiques observées.

Il est clair, en vue de cette définition, qu'il y a autant de conceptions de l'entropie qu'il n'y a de définitions de la température. Or, si, sans nous préoccuper pour l'instant de la définition en mécanique statistique de la température, nous examinons purement phénoménologiquement la façon suivant laquelle nous la mesurons, nous avons toutes les raisons de croire qu'il n'en existe pas une définition unique.

La température se mesure à l'aide d'un des multiples thermomètres. Or, quand disons nous qu'un système S_1 est utilisé comme thermomètre ? Il faut que S_1 soit mis en contact avec S_2 . Il faut que le système complexe $S_1 + S_2$ soit amené à un état d'équilibre. Observons que le contact de S_1 et de S_2 est toujours partiel, et observons que l'état d'équilibre sera toujours défini à un facteur arbitraire près (car, les interactions entre S_1 et S_2 n'étant pas en général éliminables, il faut seulement un équilibre relatif, dont la définition, sous peine de devenir circulaire en se référant elle-même à la notion de température comporte un élément arbitraire.) Comme troisième condition, nous devons noter une série finie de propriétés du système S_2 qui subsisteront après séparation avec S_1 et qui seront considérées comme indiquant la température de S_1 . Nous pouvons donc dire qu'étant donné le contact partiel (S_1 n'est pas en contact avec la totalité de S_2) ; étant donné l'équilibre relatif du système complexe et de ses parties, tout usage d'un thermomètre implique une estimation, une opé

ration statistique. *Toute la multiplicité des théories de l'estimation* (théories de Neyman-Pearson, de Wald, de Fisher et d'autres) *s'introduit donc dans la définition fondamentale de la notion de température elle-même.* Or — et c'est ici que le lien avec les pages qui précèdent devient évident — une stratégie inductive peut se définir (et s'est définie) comme suit : acceptez l'hypothèse qui présuppose le minimum d'information préalable sur le système examiné ou qui permet de maximaliser l'information obtenue par chaque nouvelle observation. Dans ce cas, *la notion de température devient fonction de la notion d'information et en partage donc toute la multiplicité. Si la notion de température subit ce sort, la notion d'entropie le subit de même.*

Cette multiplicité de définitions de l'entropie ne s'élimine pas plus en mécanique statistique qu'en thermodynamique phénoménologique. En effet, la notion d'entropie y sera fonction de la notion de « distribution au hasard » et toutes les définitions différentes de « randomness » donneront une définition différente d'entropie. Autrement dit : si nous définissons l'entropie comme mesure du degré de désordre d'un système, nous nous rendons tributaires de ce qu'on peut entendre par la notion d'ordre. Or, un système sera d'autant plus ordonné qu'il sera possible de prévoir de plus larges parties de son évolution à partir d'un plus petit nombre d'informations sur son passé (ou la même formulation peut être appliquée à la prévision d'une partie à partir d'une partie simultanément existente). Mais il y a différentes façons de subdiviser spatialement ou temporellement ; il y a différentes façons d'ordonner l'excellence de prédictions en fonction des données requises, des prévisions obtenues et de leurs rapports.

Aussi bien donc l'entropie telle qu'on la définit en thermodynamique phénoménologique que l'entropie telle qu'on la définit en thermodynamique mécanique, présentent une multiplicité irréductible, qui réfère essentiellement à la notion d'information elle même.

Cette multiplicité qui est déjà grande pour un système en équilibre et en contact avec un thermomètre, devient énorme quand il s'agit de trouver des définitions pour des systèmes non en équilibre (tel que l'univers en devenir irréversible doit nécessairement être), et pour des systèmes isolés.

Cette multiplicité interne de la notion d'entropie a été soulignée par Harold Grad « The many faces of entropy » (*Pure and Applied Mathematics*, 14, 1961, 323-354) et par Benoit Mandelbrot (*On the Derivation of Statistical Thermodynamics from Purely Phenomenological Principles*, *Journal of Mathematical Physics*, vol. 5, n° 2, février 1964).

Nous sommes d'ailleurs reconnaissants à Benoit Mandelbrot d'avoir attiré notre attention, sur cet aspect essentiel du problème.

Si nous voulons tenir compte de ces recherches en vue du problème de l'irréversibilité, nous devrions remplacer la thèse de Costa de Beauregard « Parce que l'être conscient augmente son information sur le monde, le monde lui paraît avec entropie croissante » par une thèse multiple « pour n informations et m entropies, les relations entre l'augmentation de l'une et de l'autre sont positives en r cas, négatives en s cas ». Le problème semble, dans la mesure où nous pouvons juger, complètement ouvert.

Qu'il nous soit encore permis ici de souligner l'étroite parenté entre trois directions de recherche, qui gagneraient à se poursuivre en collaboration et qui constituent des cas particuliers d'une enquête dont l'intérêt philosophique ne saurait échapper à personne.

1) E. T. Jaynes « Information Theory and Statistical Mechanics » (*The Physical Review*, vol. 106, 1957, and vol. 108, 1957), avec M. Trybus « Thermostatistics and Thermodynamics » (Princeton, Van Nostran, 1962) et Roman S. Ingarden (avec K. Urbanik) : « Quantum Informational Thermodynamics » (*Acta Physica Polonica*, vol. 21, 1962) fondent la thermodynamique elle-même sur la notion de stratégie inductive de « maximum likelihood ».

2) Benoit Mandelbrot (*The role of sufficiency and of estimation in thermodynamics, Annals of mathematical statistics*, vol. 33, n° 3, 1962) déduit plusieurs lois fondamentales de la thermodynamique à partir du fait que pour la température d'un système des indices statistiques « non biased », efficaces, consistents et suffisants devraient exister.

3) Costa de Beauregard (dans l'ouvrage qui nous occupe) déduit une partie de l'anisotropie du temps à partir de conditions sur l'augmentation d'information.

Les trois types d'investigation nous paraissent tous les trois avoir la forme suivante : quelles sont les propriétés qu'un système physique doit posséder pour que telle méthode d'investigation permette de connaître ce système ? (l'importance relative des indices suffisants, de la stratégie de « maximum likelihood », ou l'augmentation de l'information Shannonienne sont à évaluer en théorie de la connaissance, et, surtout, les conditions imposées aux systèmes à la suite des investigations de Beauregard, Mandelbrot et Jaynes sont à comparer : encore un problème largement inexploré).

Pour Costa de Beauregard cependant, l'information se définit d'une double façon : comme négentropie d'une part, et comme pouvoir d'organisation d'autre part. Nous ne pouvons quitter son analyse de l'information sans également examiner ce second aspect.

6. OBSERVATION ET ACTION.

Nous avons examiné la notion d'information. Il nous faut maintenant examiner la notion d'action. Cette dernière notion est en effet la notion clef de la cybernétique, et c'est dans les rapports entre l'action et l'observation que Costa de Beauregard cherche la solution de son problème du temps.

p. 76 « dans la transition directe ... qui schématise manifestement le processus de l'observation, le mot « information » est pris dans son acception aujourd'hui courante : information signifie acquisition de connaissance. Dans la transition réciproque (qui... schématise le processus de l'action ou de l'organisation) le mot information est pris dans son sens aristotélicien : information signifie pouvoir d'organisation ». (p. 77).

L'opposition que Costa de Beauregard énonce ici est suffisamment importante pour que nous nous attardions un peu à l'analyser. Une première remarque que nous voulons faire est la suivante : stricto sensu une observation est une espèce particulière d'action. L'acquisition de connaissances est une espèce particulière d'augmentation du pouvoir d'organisation (augmentation du pouvoir d'organisation intellectuel). Au lieu d'opposer observation à action, nous avons donc plutôt à subordonner observation à action.

Les raisons pour cette subordination sont multiples : génétiquement la connaissance est une action intériorisée ; psychologiquement, la connaissance comme activité de résoudre des problèmes est une forme d'action ; logiquement la pensée est à formaliser (comme l'action matérielle) par le modèle du système rétroactif. Précisément la perspective cybernétique enlève toute raison d'être à une opposition observation — action et impose presque une subordination. S'il n'y a pas de coordination cependant, nous ne pouvons plus prétendre qu'il y a réciprocity entre information-acquisition de connaissance et information-acquisition du pouvoir d'organisation.

Or, cette conclusion est importante pour l'auteur que nous analysons parce que nous verrons plus tard que pour Costa de Beauregard l'action est à la connaissance, comme la finalité à la causalité, et la finalité est à la causalité comme la détermination par l'avenir est à la détermination par le passé.

Si au contraire nous devons considérer la connaissance comme une forme d'action, nous n'avons plus aucune raison de coordonner la polarité temporelle passé-avenir avec la polarité connaissance-action. Or, avec la perte de cette coordination, nous ne perdons certainement pas la possibilité d'une interprétation cybernétique des relations entre connaissance et action, mais ces relations prennent une autre forme.

Nous voyons donc que les remarques que nous sommes obligés de faire ici ne sont pas sans importance pour l'équilibre du travail de Beaugard.

Nous voulons faire une seconde objection : dans une philosophie Aristotélicienne que Costa de Beaugard se plaît à citer (pp. 77 et 78) les deux causes que sont la forme et la matière sont indépendamment efficaces ; bienqu'elles n'ont aucune existence sinon en rapport réciproque, nous ne connaissons cependant pour Aristote aucune dépendance de la forme par rapport à la matière.

Or, nous devons souligner que le contraire est le cas en théorie de l'information cybernétique. Si une forme est conservée cela veut dire que de l'énergie suffisante existe qui impose à un support cette forme. Si une forme est transportée ou reçue, voilà encore des processus qui ne sont possibles que parce que des tensions d'énergie ont lieu qui déterminent certains mouvements ou certaines modifications de champs électromagnétiques.

Dire, comme le fait de Beaugard « nous pensons qu'au niveau élémentaire tout se joue en termes de négentropie et d'information » c'est accorder à un ordre et à une hétérogénéité qui ne sont dus qu'à la distribution hétérogène dans l'espace d'une quantité d'énergie, l'indépendante causalité d'une « forme » Aristotélicienne. Il importe aussi bien du point de vue de la science moderne que du point de vue de l'Aristotélisme classique, de souligner la différence entre ces deux notions de « forme ». L'information n'existe pas en soi mais est — et les passages qui précèdent doivent l'avoir suffisamment souligné — un rapport entre des distributions de forces.

Retournons cependant à la conception de l'action que nous rencontrons dans l'ouvrage que nous analysons.

P. 79 Beaugard nous dit « Qu'est-ce qu'une action d'homme ou d'animal, sinon une production de négentropie ? » « Action et Organisation, dans notre thèse c'est tout un ».

Pour le cybernéticien, une action se définit cependant autrement : c'est un cycle de fonctionnement d'un système rétroactif qui ayant été perturbé, rétablit le résultat souhaité en modifiant son régime. Certes, ce n'est possible que grâce à une forme d'organisation. Nous dirions donc sûrement : pas d'action sans organisation. D'autre part le cycle lui même est organisé lui aussi : il est complexe et ses parties sont interdépendantes. Mais nous n'affirmerons pas que toute action produit nécessairement de l'organisation ; et nous n'affirmerons pas que toute augmentation du pouvoir d'action est nécessairement augmentation du pouvoir d'organisation.

Pourquoi ? Parce que l'augmentation du pouvoir d'action peut aussi être augmentation du pouvoir de destruction. Rigoureusement d'ailleurs nous pourrions démontrer seulement ce que nous disons ici en disposant d'une mesure du degré d'organisation, et du pouvoir d'action. Nous ne

disposons pas de ces deux mesures mais nous pouvons rendre notre affirmation plausible : le degré d'organisation est certainement inversement proportionnel au degré de simplicité d'un système. Le pouvoir d'action d'un système sur un autre est certainement directement proportionnel aux permutations que le premier peut induire dans le second. Or, nul ne peut défendre l'idée que le produit de permutations plus multiples et plus nombreuse est nécessairement plus complexe. Telle devrait cependant être la thèse qui découlerait de l'affirmation sur les rapports entre pouvoir d'action et pouvoir d'organisation.

Nous ne voulons pas trop longuement insister sur ce point de détail mais il avait son importance ; une fois qu'on a renoncé à définir l'action comme une mise en ordre, une organisation, les rapports entre l'acquisition d'information et l'action deviennent tout autres également. L'action peut être une mise en ordre — elle ne l'est pas nécessairement, même si elle atteint complètement son but (ce but peut être une augmentation considérable de l'entropie). Et si de l'information est reçue (ce qui veut dire que nos attentes sont modifiées — voir paragraphe précédent) cela ne veut pas nécessairement dire que notre pouvoir d'action est augmenté d'une façon régulière. Parfois peu d'information augmente beaucoup la force d'action ; parfois beaucoup d'information augmente très peu le pouvoir d'action.

Costa de Beauregard part du résultat de Brillouin qu'il énonce comme suit : « si quelqu'un apprend quelque chose au moyen de l'expérience, il faut que l'entropie de l'univers ait augmenté » (p. 75) (cfr. Brillouin lui même qui dit p 232 : « an observation is essentially an irreversible process. No observation can be made without an accompanying increase of entropy in the physical system itself or in the equipment used for the experiment .»)

Pour Costa de Beauregard toutefois, cette transformation d'ordre en information doit nécessairement avoir comme contrepied une transformation en ordre (ou sa possibilité). D'une certaine façon nous pouvons être d'accord : l'ordre des systèmes nerveux s'augmente puisqu'une information précise prend la place d'une attente imprécise. Si l'on veut : sur l'ensemble des hypothèses possibles, la distribution des probabilités devient moins homogène.

Mais cette augmentation de l'ordre intérieur du système nerveux n'entraîne pas toujours, et n'entraîne certainement pas toujours d'une façon quantitative fonction uniquement de l'information acquise, l'affirmation « information signifie pouvoir d'organisation ».

Nous ne contestons pas qu'il est fort important de faire une typologie des cas où l'acquisition d'information équivaut à, ou n'équivaut pas au pouvoir d'organisation. Mais nous ne pouvons souscrire à l'équivalence, ni de l'information avec le pouvoir d'action, ni du pouvoir d'action avec le pouvoir d'organisation.

Nous devons insister sur ces points parce que de Beauregard attache une grande importance au fait qu'il existe une dépendance régulière entre l'augmentation du pouvoir d'action et l'augmentation de l'information : «acquérir de l'information ne coûte par cher en négentropie, mais produire de la négentropie coûte très cher en information » (88°). Puisque nous nions qu'il existe une dépendance régulière et unique entre l'augmentation de l'information et celle du pouvoir d'organisation, nous ne pouvons pas, a fortiori, souscrire à cette affirmation du coût universellement très élevé de l'ordre en information.

Là où nous sommes au contraire complètement d'accord avec de Beauregard, c'est où il souligne que le problème clef c'est le mécanisme même de la conversion de l'information en négentropie. Mais étudier le problème de cette conversion peut mener à des formules plus complexes et plus diversifiées que celles qu'il propose ici.

Examinons encore un instant le paragraphe 12 « postulat d'une symétrie réelle entre l'observation et l'action ».

Dans ce paragraphe de Beauregard veut encore une fois expliquer qu'il est raisonnable malgré tout de transformer le second principe de la thermodynamique qui postule un processus (ainsi que sa généralisation due à Brillouin) en principe postulant une invariance. La symétrie entre observation et action est introduite, simultanément avec un point de vue spiritualiste, pour permettre à la quantité d'information d'être conservée : l'entropie se transforme en information (avec perte), et l'information se transforme en négentropie (donc en ordre, avec une plus grande perte encore au point de vue physique mais avec conservation du point de vue psychique). Le problème à résoudre est le problème de la transformation de l'information en négentropie (problème passionnant pour ceux qui, comme nous l'avons fait dans le paragraphe précédant, définissent précisément l'information en fonction de l'action).

Le clé proposée est un principe anti-Bayes de prédiction aveugle interdite. C'est à dire : l'impossibilité de la prédiction et la possibilité de la rétrodictio, voilà ce qui formalise la finalité et voilà ce qui permet la conversion d'information en négentropie.

Or, si la possibilité d'une conversion de l'information en négentropie existe, nous ne pouvons pas discerner comment ce processus serait le moins du monde expliqué par le fait épistémologique de l'impossibilité de la prédiction et la possibilité de la rétrodictio.

En second lieu, nous sommes forcés — comme nous l'avons fait auparavant — de distinguer le plus fermement possible entre les possibilités épistémologiques de la prédiction ou de la rétrodictio et les structures physiques de la causalité ou de la finalité.

Nous pouvons représenter les états possibles d'un système comme des points d'un graphe. Deux points sont liés par un trait dans la mesure où l'état de gauche peut être suivi par l'état de droite. Supposons qu'un graphe soit toujours arborescent, et ne comporte pas de cycles. Dans ce cas la rétrodictio est partout possible et la prédiction ne l'est jamais (et elle est même complètement impossible si les probabilités sont également distribuées sur toutes les branches de réseau). Or, il est indéniable que nous ne pouvons pas parler de finalité dans ce cas-ci.

En troisième lieu, la finalité ne doit pas être représentée comme une détermination par l'avenir. Si l'on veut à fond utiliser la possible collaboration de la cybernétique et de la physique, on ne doit pas introduire une description de la finalité qui est précisément étrangère à la cybernétique. En cybernétique, il y a finalité si comme riposte à une classe de perturbations, le système modifie son action de façon à restaurer aussi vite et aussi complètement que possible le fonctionnement optimal du mécanisme tel que son critère l'impose.

Nous répétons : 1) un fait épistémologique ne peut expliquer la transformation d'information en pouvoir d'action (et subsidiairement en pouvoir d'organisation) 2) la finalité n'est ni décrite par la causalité renversée de l'avenir, ni par l'impossibilité de la prédiction.

Ce qui est particulièrement saisissant c'est que la possibilité de la transformation en pouvoir d'action est cherchée au niveau quantique. Ce seraient donc les interactions microscopiques au niveau du système nerveux qui, par l'impossibilité objective qui existe à trouver suffisamment d'informations pour les guider, permettraient la transformation d'information en ordre ! Le livre si brillant de Beauregard ne nous aurait jamais offert une idée si peu vraisemblable si la série des couples (observation/action, passé/avenir, déterminisme/liberté, causalité/finalité) n'était pas devenue un instrument d'identification illégitime. Et dans le titre même du paragraphe 13 « observation et causalité, action et finalité » nous voyons l'effet de l'influence de ces assimilations trop hâtives.

Cette assimilation erronée d'observation avec passivité, entraîne alors l'affirmation certainement fautive selon laquelle nos sciences seraient essentiellement basées sur l'observation et devraient donc forcément perdre de vue la finalité qui ne se révèle qu'à l'action. (p. 94) Si au contraire il avait été admis une fois pour toutes que l'observation est elle-même action, et que la pensée l'est au plus haut point, il n'aurait pas été nécessaire d'introduire un empirisme extrême en épistémologie des sciences simplement pour expliquer l'apparente absence d'une finalité qu'on a par ailleurs définie autrement que la cybernétique, à laquelle on se réfère cependant constamment, le fait elle-même.

Nous concluons donc que nous n'avons non seulement vu aucune preuve dans l'ouvrage que nous lisons d'une dépendance régulière entre acquisition d'information, pouvoir d'action et d'organisation, mais que nos convictions préalables nous donnaient au contraire la ferme conviction de l'absence d'une pareille proportionnalité. (Et cela même si nous utilisons l'action dans la définition de l'information).

Toutefois le problème reste entier de faire la typologie que nous avons demandée et d'étudier les opérations de conversion dont nous parlions.

C'est dans ces enquêtes que la cybernétique fécondera la théorie de la connaissance et nous devons à de Beauregard de nous avoir rappelés l'absence de ces investigations.

Nous devons les faire toutefois en utilisant une notion différente d'information, et en utilisant une notion différente d'action.

7. UNE AUTRE FAÇON DE COMBINER CYBERNÉTIQUE ET THERMODYNAMIQUE

Dans les paragraphes qui précèdent, nous avons essayé de montrer que l'irréversibilité du temps ne peut se fonder par un raisonnement qui montre que le monde doit *paraître* engagé dans un temps irréversible à la conscience qui veut augmenter sa quantité d'information.

Mais nous avons constamment affirmé, si nous ne pouvons pas accepter la collaboration entre cybernétique et thermodynamique qu'on propose ici, que l'idée même de pareille collaboration nous paraissait profonde et heureuse.

Dans le présent paragraphe, nous voulons montrer une autre forme possible de cette collaboration. Nous allons nous inspirer d'un auteur, Hans Reichenbach, que Costa de Beauregard rejette (tout en le citant avec estime) parce que Reichenbach veut une théorie réaliste du temps qui inscrit le temps dans la texture même de l'univers physique. Cet auteur est un post-Boltzmannien qui adhère à une théorie statistique du temps. Il a toutefois pris connaissance des résultats des Ehrenfest qui ont démontré que la seconde loi est essentiellement probabiliste, et réversible ; d'une part si nous nous trouvons devant un état improbable d'un système fermé, il est probable que l'état suivant sera plus probable, mais il est également probable que l'état précédent était plus probable. La seconde loi ne fait qu'affirmer qu'un système fermé restera des laps de temps plus longs dans des états improbables. Elle n'indique pas une flèche du temps.

Reichenbach a ajouté aux deux postulats classiques de la thermodynamique une hypothèse supplémentaire dont il espère qu'elle sera suf-

fisamment forte pour fournir cette orientation que la thermodynamique classique ne fournit pas.

Cette hypothèse supplémentaire s'appelle « hypothèse de la structure arborescente » (branch-structure). L'hypothèse est entièrement objectiviste et impose des conditions supplémentaires à l'univers extérieur.

Nous voulons ici essayer de poursuivre d'une autre façon que Costa de Beauregard, le but qu'il s'est posé : nous allons essayer de mettre en rapport avec la cybernétique, l'hypothèse de la structure arborescente. Si cela nous réussit, nous aurons montré que l'idée fondamentale de Costa de Beauregard était correcte même si nous ne pouvions être d'accord avec l'exécution particulière qu'il a donnée à son projet.

Le problème de l'irréversibilité ontologique et réaliste est résolu par Hans Reichenbach à l'aide de sa conception de la structure arborescente (branch structure).

L'hypothèse de la structure arborescente se décrit par les postulats suivants :

a) l'entropie de l'univers est actuellement relativement basse et située sur une montée de la courbe temporelle d'évolution de l'entropie.

b) il y a de nombreux systèmes, parties de l'univers, qui sont relativement isolés pendant une certaine période et qui sont en connexion avec le système global aux deux bouts de leur évolution.

c) le réseau de ces systèmes est un réseau de mélange qui a les propriétés suivantes :

1) chaque système a une tendance non nulle de rester dans l'état où il se trouve : la probabilité pour qu'un système soit en état E, à un moment i , tandis qu'il était également en E à $i-1$ est plus grande que la probabilité absolue d'être en E ; mais cette tendance conservatrice diminue avec l'augmentation de la distance temporelle et à la limite, pour une distance temporelle infinie, elle devient nulle.

2) les systèmes sont indépendants les uns des autres dans ce sens que leur probabilité de se trouver en un état E n'est pas affectée par le fait que d'autres systèmes se trouvaient au même moment en cet état E

3) le réseau présente la propriété d'invariance suivante : les probabilités de trouver le même système n fois en un état E, comparées aux probabilités de trouver n systèmes en cet état E sont égales (pour une période très longue et un nombre très grand de systèmes). La coupe spatiale et la coupe temporelle des ensembles d'états montrera la même distribution des E.

d) dans la vaste majorité des systèmes arborescents, une extrémité du système est un point de basse entropie, et l'autre extrémité est un point de haute entropie.

e) dans la vaste majorité des systèmes les directions allant de la basse vers la haute entropie sont parallèles entre elles et parallèles encore avec la direction d'augmentation de l'entropie du système univers.

Il faut constater que ces conditions décrivant le système arborescent ne présupposent en aucun point l'existence d'une direction temporelle (même la condition d'invariance de lattice n'effectue qu'une comparaison entre états intra- et inter-systématiques).

Nous croyons, quant à nous, que nous pourrions partiellement déduire la structure arborescente de l'existence de systèmes rétroactifs.

Nous le faisons d'abord d'une façon assez globale pour nous intéresser par après aux détails.

Si l'action est possible, il faut que la condition b soit satisfaite et il faut donc que de nombreux sous-systèmes relativement isolés puissent se détacher du système global. Sinon, ni les instruments ni les matériaux, ni les postes de contrôle nécessaires pour une action efficace ne pourraient exister. Mais il faut aussi que ces sous-systèmes soient ouverts vers le système dans son ensemble, sinon l'action à l'aide de ces systèmes relativement isolés ne serait pas possible d'une part, et sinon la construction de nouveaux moyens d'action ne le serait pas d'autre part.

Il faut aussi supposer, si l'action est possible, que les différentes parties de la condition 3 soient satisfaites : en effet, *on pourrait dire que si le système rétroactif tend à réaliser un équilibre par rapport à une population de perturbations, il faut que cette population de perturbations réalise quant à elle un équilibre statistique décrit par les différentes stipulations de la condition c.*

Il faut en effet le minimum de stabilité pour ces perturbations, qui permettrait à une action toujours légèrement retardée d'être efficace : il faut donc l'existence d'une tendance à la conservation.

Mais il faut encore que les effets d'une perturbation ne deviennent pas arbitrairement grands ; il faut donc un auto-freinage des perturbations.

Pourque les diverses perturbations n'aient pas tendance à devenir trop fortes et pourqu'une multiplicité de perturbations indépendantes conservent à un niveau suffisant la capacité de riposte de l'appareil rétroacteur, il faut satisfaire la condition d'indépendance.

Enfin, pourqu'il y ait anticipation possible (et il n'y a pas de rétroaction efficace sans anticipation) il faut que la condition de « lattice invariance » soit satisfaite : le présent doit représenter l'avenir. Le développement d'un système est ainsi représenté par la distribution des états sur les systèmes à n'importe quel moment donné.

Soyons précis après avoir fait ces remarques en général ! Nous ne prétendons pas que toute la condition de « lattice invariance » est strictement nécessaire pour une efficacité minimale d'un système rétroactif donné ; des

approximations à pareille condition pourraient déjà suffire. Notre affirmation est plus modeste : dans la mesure ou on s'écarte quant à l'ensemble des perturbations (et par conséquent aussi quant à l'ensemble des ripostes) imposées à un système rétroactif, des hypothèses proposées par Reichenbach, on diminue l'efficacité du système rétroactif en question, si on n'admet pas, la possibilité de transformations qualitatives.

Le quatrième postulat consiste à demander que pour les instruments et pour les perturbations (ennemis et armes) leur durée d'existence s'étende entre une période de basse et de haute entropie. C'est à dire : entre une période de grande et petite stabilité. Si le système rétroactif est en effet un mécanisme stabilisateur pour ses instruments et déstabilisateur pour les perturbations (ou même stabilisateur pour les deux), il va peupler son milieu de systèmes qui connaîtront des périodes de basse et de haute organisation.

Là où nos difficultés de déduction commencent c'est quant au postulat 5. On peut dire que la tendance d'un système rétroactif est de désorganiser une partie de son milieu pour augmenter le degré d'organisation d'une autre partie de son milieu.

Il est donc difficile d'affirmer que la direction de tous les systèmes partiels serait parallèle.

Par contre, si le postulat énonçant la basse entropie de l'univers actuel peut véritablement se remplacer par le suivant : tout système fait partie d'un système plus large relativement isolé et de basse entropie, alors ce postulat est en fait un postulat de contrôlabilité de tout système : s'il y a un système qui ne fait pas partie d'un système de basse entropie et relativement isolé, il est incontrôlable.

Nous arrivons donc à la conclusion suivante : *presque toute l'hypothèse de la structure arborescente est une condition nécessaire de l'existence et de l'efficacité de systèmes rétroactifs.* Il nous reste le problème de ce principe 5. Nous pourrions dire que dans une description événementielle de l'univers, l'univers évolue, s'il est de plus en plus dominé par des systèmes rétroactifs, vers une négentropie maximale tandis que dans une description Chosiste, il évolue vers un maximum d'entropie. *Si en effet la tendance d'un système de rétroacteurs complexes est de réaliser d'une façon irréversible une réversibilité de plus en plus parfaite, alors cette réversibilité de plus en plus parfaite signifie un ordre plus en plus rigoureux au plan de la structure des opérations et, de façon concomitante un désordre de plus en plus complet sur le plan de la disposition des objets sur lesquels s'exercent ces opérations.*

Nous n'arrivons pas à cette conclusion cependant en utilisant (comme le ferait Costa de Beauregard) une loi de Brillouin, mais en analysant la notion même de système rétroactif. Et nous n'arrivons pas à une déduction

subjectiviste mais à une déduction objectiviste, qui laisse entièrement ouverte la question du statut des principes de la structure arborescente. En effet : que l'existence de la structure arborescente soit une condition de possibilité de systèmes rétroactifs maximale-ment efficients, n'implique pas une déduction de la nécessité de la structure arborescente et cependant — nous le croyons — enlève leur caractère arbitraire aux suppositions de Reichenbach, en les insérant dans un contexte plus large.

Hans Reichenbach lui même, p. 154 de son ouvrage « The Direction of Time » nous encourage à penser comme nous le faisons ici en déclarant « that we are so strengly disposed towards the identification of the direction of interaction to order with positive time, has its basis in the nature of the human organism ».

Or, cette phrase se réfère à un chapitre qui n'a pas été écrit (Maria Reichenbach le note, à cette page même.)

Les développements de Beaugard sont une façon d'écrire le chapitre qui manque ; les nôtres, bienque bien moins élaborées indiquent une autre voie pour le faire.

CONCLUSION.

Le lecteur voudra bien trouver dans les pages qui précèdent l'expression de notre sympathie et de notre admiration pour la vaste unification tentée par Costa de Beaugard.

Nous avons cru cependant devoir nous écarter de lui sur les points suivants :

- a) nous avons autrement défini la notion d'information.
- b) nous avons donné une description plus générale et plus algébrique du problème de l'irréversibilité.
- c) nous avons cru devoir affirmer que la notion du système rétroactif, notion fondamentale de la cybernétique, présuppose la notion de temps et ne peut donc la fonder.
- d) nous avons autrement envisagé les rapports entre l'observation et l'action.
- e) et nous avons essayé de jeter quand même un pont entre cybernétique et thermodynamique, en présupposant toutefois d'un côté une théorie réaliste du temps, et d'autre part une théorie également réaliste du système rétroactif.

Nous formons des vœux pour que bientôt une étude algébrique suffisamment générale vienne épauler les efforts de ceux qui essaient de définir l'irréversibilité et pour que l'esquisse de raccord entre la cybernétique et la thermodynamique, tentée ici, puisse être reprise d'une manière plus complète.

L. APOSTEL.