

HENRI LABORIT: LA NOUVELLE GRILLE

Pour décoder le message humain.

« LIBERTES 2000 », ROBERT LAFFONT.
(Publié depuis en édition de poche)

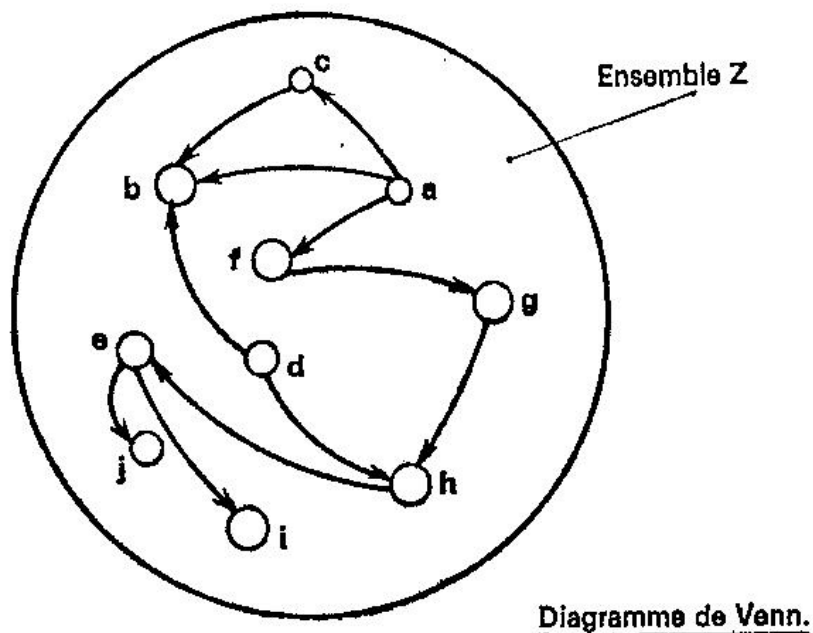
SOMMAIRE

Introduction	11
I. Thermodynamique et information. Physique et biologie	23
II Le système nerveux	51
III. Le niveau d'organisation des sociétés humaines. Historique de la dominance	96
IV. Hiérarchies de valeur et hiérarchies de fonction	118
V. Thermodynamique et information en sociologie	128
VI. Information, hiérarchies de valeur et classes sociales. Malaise et crises sociales	143
VII. Conscience, connaissance, imagination	163
VIII. La démocratie et la notion de pouvoir	175
IX. La notion de système ouvert ou fermé en sociologie et en économie	196
X. Le pouvoir des classes fonctionnelles	264
XI. Information professionnelle et information généralisée	276
XII. La guerre	304
XIII. La créativité	313
XIV. La finalité	331
Epilogue	340
Lexique	345

Chapitre premier

THERMODYNAMIQUE ET INFORMATION PHYSIQUE ET BIOLOGIE

Jusqu'à une époque récente, il suffisait d'émettre une opinion pour être rapidement classé parmi les matérialistes ou les spiritualistes. Les premiers, récoltant l'héritage expérimental millénaire qui a fait de l'homme l'observateur privilégié du monde matériel, pensaient pouvoir interpréter l'organisation de la matière vivante par les seules lois de la physique. Les seconds, enfermés dans le discours conscient, affirmaient qu'il était impossible de réduire ce qu'ils appelaient la « vie » à la matière et dotaient la première d'une force ésotérique, d'un « élan vital » dont l'expression la plus raffinée était « l'esprit ». Il fallut les lois structurales et ensemblistes, la théorie de l'information et la cybernétique, pour comprendre que ce que les systèmes vivants ajoutaient à la matière inerte, n'était ni masse ni énergie, comme l'a dit Wiener, mais seulement de l'information. S'il est bien vrai que celle-ci a besoin de la masse et de l'énergie comme support, il est bien vrai aussi qu'elle représente ce quelque chose qui fait que le tout n'est pas seulement la somme des parties. La matière vivante est faite avec les mêmes matériaux atomiques que la matière inanimée, mais ce qui la distingue c'est l'organisation particulière que ces matériaux acquièrent en elle, les relations qu'ils y opèrent entre eux. Si nous définissons la structure comme l'ensemble des relations existant entre les éléments d'un ensemble, c'est bien la structure de la matière vivante qui en supporte toutes les caractéristiques originales¹.



a, b, c, d, e, f, g, h, i, j = éléments de l'ensemble Z.
Les flèches symbolisent les relations entre les éléments de cet ensemble.

Figure 1

1. Comme l'ensemble des relations entre les éléments d'un ensemble est hors de portée de notre connaissance, le mot de structure désignera des sous-ensembles de l'ensemble des relations. On comprend dès lors qu'elle dépend de l'observateur qui l'abstrait.

Comme la structure ne se pèse pas avec une balance, qu'elle ne peut être non plus mesurée au dynamomètre, elle possède bien les propriétés « immatérielles » de l'« esprit ». Mais dans ce cas elle est inséparable de la matière, comme le signifié l'est du signifiant (*fig.1*).

SYSTÈMES OUVERTS ET NIVEAUX D'ORGANISATION

Or, la structure de la matière vivante lui confère deux caractéristiques fondamentales: celle d'être un système ouvert et celle de s'organiser par niveaux de complexité, ces deux caractéristiques étant d'ailleurs strictement dépendantes l'une de l'autre.

SYSTÈMES OUVERTS BIOLOGIQUES

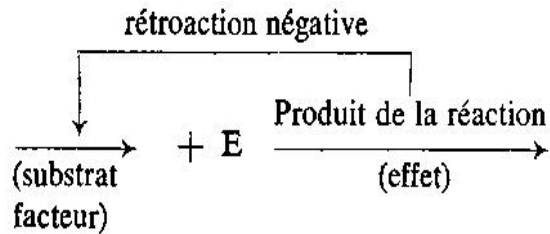
Parler de système ouvert, c'est admettre l'existence de systèmes fermés. Or pour nous, il existe deux façons d'envisager l'ouverture ou la fermeture d'un système: l'une se place sur le plan thermodynamique, l'autre sur le plan informationnel. On parle souvent des régulations biologiques ou physiologiques. Or, un système régulé peut être un système fermé. Nous voudrions montrer que les régulations biologiques sont d'un type particulier et qu'elles s'inscrivent dans des systèmes ouverts tant du point de vue thermodynamique¹ qu'informationnel.

a) L'ouverture thermodynamique

Une réaction enzymatique réalise la transformation d'une molécule (le substrat) en une autre molécule (le produit de la réaction). Cette transformation serait peut être possible en l'absence d'une troisième molécule, molécule protéique appelée « enzyme », mais il faudrait fournir une énergie considérable, capable d'exciter ou d'agiter les molécules en présence et la transformation serait livrée au hasard de leurs rencontres, accru seulement par l'agitation thermique, conséquence elle-même de la transformation en énergie cinétique non récupérable de l'apport énergétique fourni. L'enzyme¹, molécule intermédiaire, dont la forme dans l'espace lui permet de se lier à un seul substrat en général, en un « site actif » va permettre la transformation du substrat, aux moindres frais énergétiques et aux températures accessibles aux processus biologiques.

Une réaction enzymatique, isolée *in vitro*, est un système qui, lorsqu'il a atteint sa position d'équilibre est réglé par la loi d'action de masse. Cet équilibre dépend de la quantité de substrats, de la quantité d'enzymes et de la quantité du produit de la réaction en présence. La réaction s'écrit alors en utilisant le signe \xrightleftharpoons{E} placé entre substrat et produit de la réaction, au-dessus duquel E représente l'enzyme qui en assure la catalyse. La majorité des réactions enzymatiques sont ainsi des réactions dites réversibles. En langage cybernétique on peut écrire:

1. Voir le lexique en fin de volume.



ce qui indique que la quantité de substance produite par la réaction enzymatique va influencer négativement la quantité de substrat utilisée. Si aucun apport supplémentaire de substrat n'est réalisé, et si toutes les conditions physico-chimiques restent les mêmes (pH, température, etc.), ce système reste en équilibre. On peut dire qu'il est fermé. Il obéit à une régulation en constance. Il ne se passe plus rien.

Or, une cellule vivante est une petite usine chimique où il se passe au contraire bien des choses. Cela résulte du fait que les réactions enzymatiques n'y sont pas isolées les unes des autres, mais qu'elles se succèdent en chaîne, le substrat de l'une étant constitué par le produit de la réaction précédente. Ainsi, au début de la chaîne entre un substrat, le glucose, par exemple et au bout de la chaîne sort un déchet, gaz carbonique et eau ($\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$) résultant de sa dégradation. Mais entre-temps, l'énergie d'excitation des électrons, ceux liés aux molécules d'hydrogène (H_2) contenues dans le substrat, aura été recueillie et mise en réserve sous forme de composés phosphorés riches en énergie (ATP, GTP, UTP, phosphocréatine) dont elle assure la liaison labile des atomes de phosphore. Cette labilité permettra une réutilisation rapide de cette énergie potentielle pour tout travail cellulaire (mécanique, électrique, sécrétoire, de synthèses). Un système vivant quel qu'il soit, cellule, organe, organisme, *est donc bien du point de vue thermodynamique un système ouvert* dans lequel passe un courant d'énergie chimique, du substrat d'origine aux produits de déchets, courant d'énergie qui prend bien souvent la forme de courant électronique car le rôle de l'enzyme consiste fréquemment à faciliter l'échange, d'un seul électron à la fois, du substrat au produit de la réaction. Il s'agit en effet dans bien des cas du processus d'oxydo-réduction. Le substrat est oxydé (il perd un électron) au bénéfice du produit de la réaction qui se trouve réduit (il gagne un électron), lequel le perdra à nouveau en le cédant à une autre molécule dans la réaction enzymatique suivante. Au cours de ces passages, l'électron « cascade » d'un niveau énergétique élevé, d'une orbite électronique périphérique sur une orbite plus proche du noyau, avant de retrouver son orbite de base. A chaque saut quantique, il abandonne une faible quantité d'énergie. C'est elle qui sera mise en réserve dans la troisième liaison phosphorée de l'acide adénosinetriphosphorique (ATP).

Bien plus, l'ensemble des formes vivantes au sein de la biosphère, constitue un vaste système ouvert au sein duquel coule *l'énergie solaire*. En effet, les substrats dont nous venons de parler, ces molécules chimiques auxquelles les organismes vivants soutirent leur énergie « en petite monnaie », comme l'a dit Szent-Györgyi en opposant les oxydations biologiques liées aux cascades énergétiques des électrons, aux gros « billets » de combustions non biologiques, ces substrats sont déjà des molécules complexes construites à partir de l'énergie photonique solaire grâce à la molécule de chlorophylle. Cette molécule permet de transformer l'énergie photonique du soleil en énergie chimique. Les formes vivantes ne contredisent donc

1. Voir le lexique à la fin de l'ouvrage.

b) L'ouverture informationnelle

Parler de « structures vivantes », c'est, en présence d'un « ensemble » vivant quel qu'il soit, de la bactérie aux sociétés humaines, parler de l'ensemble des relations existant entre les éléments qui constituent cet ensemble. Parler de structures, c'est donc parler de relations, qui ne sont ni masse, ni énergie, mais qui ont besoin de la masse et de l'énergie pour exister. « L'information n'est qu'information, a dit N. Wiener. Elle n'est ni masse ni énergie. » Dans les « formes vivantes » les éléments atomiques sont les mêmes que dans la matière inanimée, c'est leur information, étymologiquement leur « mise en forme », qui est particulière.

On lit souvent que cette forme était hautement improbable, au sein des processus aléatoires que l'on admet alors lui avoir donné naissance. Or les expériences se multiplient, depuis les premières expériences de Miller, d'Oro, puis de Calvin, qui montrent que dans une atmosphère reconstituée, analogue à celle que l'on suppose avoir été présente sur notre planète il y a quelques trois milliards d'années, le passage de décharges électriques simulant les éclairs qui paraissent y avoir été nombreux, donne naissance, non pas de façon hasardeuse à n'importe quelle molécule, mais toujours aux mêmes molécules complexes, premières pierres de l'édifice du monde vivant, à savoir des acides aminés et jusqu'à la molécule d'adénine qui se trouve être une des bases trouvées dans les acides nucléiques. Curieux hasard qui, dans des conditions proches de ce qu'elles ont du être à l'origine des systèmes vivants sur notre globe, reproduit toujours les mêmes matériaux.

Nous devons noter aussi que par une dépense d'énergie (la décharge électrique) venue de l'extérieur du système on n'augmente pas le désordre de ce système, mais on contrairement crée de l'ordre, on n'accroît pas son entropie¹ mais au contraire on crée de la négentropie¹. On peut admettre qu'en augmentant l'agitation moléculaire on accroît les probabilités de rencontre des molécules simples contenues dans l'atmosphère et leurs chances de donner naissance à des molécules plus complexes². Ces faits expérimentaux, notons-le au passage, s'opposent à la notion encore si souvent répandue qui, depuis Boltzmann et Gibbs, a voulu faire de l'entropie une fonction de désordre et de la négentropie une fonction de l'ordre, réunissant ainsi la thermodynamique et l'information. La phrase de Wiener rappelée plus haut exprime au contraire une notion fondamentale: c'est que « l'information n'est qu'information, elle n'est ni masse, ni énergie ». Elle représente quelque chose qui fait que le tout n'est pas seulement la somme des parties.

Pour faire parvenir de Paris un télégramme à New York, je peux imaginer que j'arrive à quantifier assez précisément l'énergie nécessaire que je dois libérer pour la rédiger, celle que doit dépenser le buraliste pour l'envoyer, l'énergie électrique nécessaire à sa transmission, à sa réception, celle dépensée par le préposé de la poste pour le faire parvenir à son destinataire. Cette quantité d'énergie sera pratiquement la même si les lettres constituant le texte du télégramme sont placées dans un certain ordre lui permettant d'être signifiant pour celui qui le reçoit ou si elles sont placées en désordre, ce qui ne permet plus au télégramme

1. Voir le lexique en fin de volume.

2. Quand nous avons émis cette hypothèse que l'on trouvera dans notre traité de physiologie de 1961, von Foerster n'avait pas encore montré la possibilité de créer de l'ordre à partir du bruit (H. Laborit, *Physiologie humaine, cellulaire et organique*, Masson et Cie, 1961.

d'être un support d'information. On retrouve là le problème du démon de Maxwell: *l'information a besoin de la masse et de l'énergie comme support, mais ne peut être réduite à ces deux éléments*. Le signifié est lié au signifiant mais l'un ne se réduit pas à l'autre.

Le plus curieux dans les processus physico-chimiques qui furent à l'origine des premières structures vivantes, c'est qu'ils paraissent bien avoir répondu à des lois, puisque nous sommes déjà capables empiriquement de reproduire expérimentalement les premières pièces constitutives déjà complexes de leur ordre spécifique. Cette information, cette mise en forme, ne paraît pas en quelque sorte être le résultat du seul hasard. Mais pour créer de l'ordre à partir du désordre, il faut, notons-le, des conditions bien particulières. Cela ne peut se réaliser sur un astre en explosion comme notre soleil, non plus que sur un astre où l'agitation moléculaire est pratiquement nulle parce que proche du zéro absolu. La bande thermique permettant l'éclosion des premières formes vivantes est en effet très étroite. Quelles en sont les lois physico-chimiques ?

Dès que l'information aboutissant aux premières structures complexes put être stockée dans la double hélice des acides désoxyribonucléiques, elle permit la reproduction des mêmes formes à de multiples exemplaires. La biologie dite « moléculaire » nous a fourni au cours de ces dernières années les renseignements fondamentaux concernant ce processus de transmission de l'information. Ce n'est pas le lieu ici de nous y étendre, encore que les régulations cybernétiques s'y découvrent en abondance. Par contre, il peut être intéressant dans la compréhension de ce qu'est un système ouvert du point de vue informationnel, de nous demander pourquoi les organismes vivants aussi bien végétaux qu'animaux sont caractérisés par une organisation *cellulaire*. Or, toute structure vivante est une structure complexe qui s'édifie à partir des éléments pris au milieu inanimé qui l'entoure. C'est par sa surface que s'effectuent les échanges et l'on peut admettre qu'à mesure que son volume croît, comme les cubes, puisque la surface dans le même temps ne s'accroît que comme les carrés, les échanges diminuent relativement à la masse et la division devient alors nécessaire. Il s'agit là encore d'une régulation à rétroaction négative, en constance. Ce fait distingue la matière vivante de la matière inanimée, car un cristal par exemple s'accroît en surface et en volume mais non en complexité. Or, ce que nous appelons complexité dans un organisme vivant exprime l'existence de niveaux d'organisation différents aboutissant à l'autonomie de l'ensemble au sein du milieu. *Ce sont ces niveaux d'organisation qui permettent l'ouverture du système sur le plan informationnel.*

LES NIVEAUX D'ORGANISATION

Nous choisirons d'abord une analogie dans le monde de la matière inanimée pour décrire cette ouverture dans le domaine informationnel. Un bain-marie avec son thermostat réglé pour que la température du bain demeure à 37° C par exemple est *un système fermé*. Il a besoin d'énergie électrique pour que la résistance chauffante assure le réchauffement de l'eau, mais si cette énergie demeure constante, et suivant les caractéristiques de structures spécifiques de l'appareil, dès que la température s'écartera d'une certaine valeur de la température moyenne, le circuit de chauffage s'ouvrira ou se fermera et rétablira cette dernière. Dès lors, excepté des oscillations d'amplitude variable autour de la température moyenne dues au retard d'efficacité et à l'hystérésis propres à l'appareil, rien ne changera plus. La rétroaction (le feed-back) ferme le système sur lui-même.

Il s'agit d'un système ouvert sur le plan thermodynamique puisque l'énergie électrique s'y dégrade en chaleur. Mais d'un système fermé sur le plan informationnel.

Or, un bain-marie dans un laboratoire est un système qui s'introduit généralement dans une chaîne plus complexe d'instruments mis en œuvre à l'occasion d'une expérimentation globale. Son réglage nécessite souvent d'être obtenu pour d'autres températures que 37° C. Dans ce cas, une information extérieure au système régulé émanant de l'expérimentateur viendra changer le niveau de la régulation et l'établir pour 30, 20 ou 15° C, par exemple. La finalité du système fermé précédent s'introduit alors dans un ensemble plus complexe, grâce à l'information qui lui vient de cet ensemble. Nous définirons conventionnellement le système régulé recevant une information de l'extérieur du système changeant son niveau de régulation, comme étant un *servomécanisme* (fig. 3).

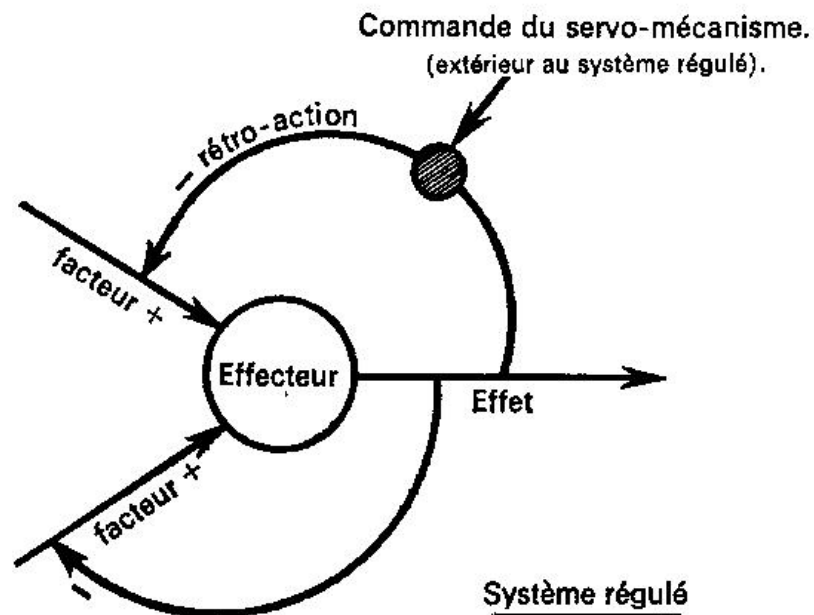


Figure 3

Nous avons vu que dès la réaction enzymatique isolée *in vitro*, nous avons affaire en biologie à des systèmes régulés. Mais nous comprenons que chacun de ces systèmes est transformé en servomécanisme par l'information qu'il reçoit de l'ensemble qui l'englobe. C'est ainsi que le groupe moléculaire constituant un système enzymatique reçoit son information de la chaîne de réaction dans laquelle il s'inscrit. Cette chaîne elle-même se situe dans des structures morphologiques infracellulaires (mitochondries, noyau, réticulum endoplasmique, microsomes, etc.) dont les activités dépendent des informations parvenant à l'ensemble cellulaire par voie nerveuse, endocrinienne, ionique ou autre. La cellule, système régulé comme le montre le maintien du potentiel membranaire de repos, devient un servomécanisme du fait de l'information qui lui parvient de l'extérieur et qui va, par l'intermédiaire des variations de ce potentiel, influencer son activité fonctionnelle. Nous pouvons poursuivre cette description et nous retrouverons système régulé et servomécanisme en passant de la cellule à l'ensemble cellulaire constituant un organe, de l'organe au système au fonctionnement duquel il participe (système nerveux, cardiaque, vasculaire, endocrinien, etc.). Parvenus ainsi, de niveaux d'organisation en niveaux d'organisation, à l'ensemble organique, nous serons conduits à l'envisager dans un état idéal, l'état physiologique dans lequel les informations qui lui parviennent de l'extérieur, c'est-à-dire de son environnement, demeurent dans des limites étroites, mais aussi dans un état intermédiaire, celui de la réaction organique

permettant la fuite ou la lutte, dans lequel l'homéostasie¹ n'est pas conservée, alors que l'autonomie motrice par rapport à l'environnement par contre l'est. Enfin, quand cette réaction de fuite ou de lutte est incapable d'agir de telle sorte que les conditions favorables de vie dans l'environnement soient rétablies, nous pénétrerons dans un état dit « pathologique ».

Quel que soit le niveau d'organisation auquel nous l'appréhendons, de la molécule à l'organisme entier, on comprend maintenant qu'un ensemble organique est un système ouvert du point de vue informationnel, puisque chaque niveau d'organisation reçoit ses informations du niveau susjacent. Nous comprenons également qu'en biologie, la rétroaction (le feed-back) qui « ferme » un niveau d'organisation est moins intéressant, tout compte fait, à étudier que la commande extérieure au système, le servomécanisme, qui le relie à tous les ensembles qui, par degré de complexité, l'englobent. Mais en parcourant un chemin inverse, l'ouverture informationnelle existe pareillement puisque tous les niveaux d'organisation que nous venons d'envisager sont déjà contenus en puissance dans les acides désoxyribonucléiques de l'œuf fécondé.

Nous voyons aussi que la notion de système ouvert et de système fermé, tant du point de vue thermodynamique que du point de vue informationnel, nous oblige non seulement à prendre en considération ce que depuis quinze ans nous appelons les niveaux d'organisation, appelés plus récemment par A. Koestler « holons » et plus récemment encore par F. Jacob « intégrons », mais aussi et surtout *les liens dynamiques qui les unissent*. L'analogie parfois proposée avec les poupées russes nous paraît très imparfaite puisqu'elle ignore la notion de servomécanisme. En effet, on peut enlever toutes les poupées situées à l'intérieur de la plus grande, celle-ci conservera sa forme. La même action sur un organisme vivant le transformerait en cadavre.

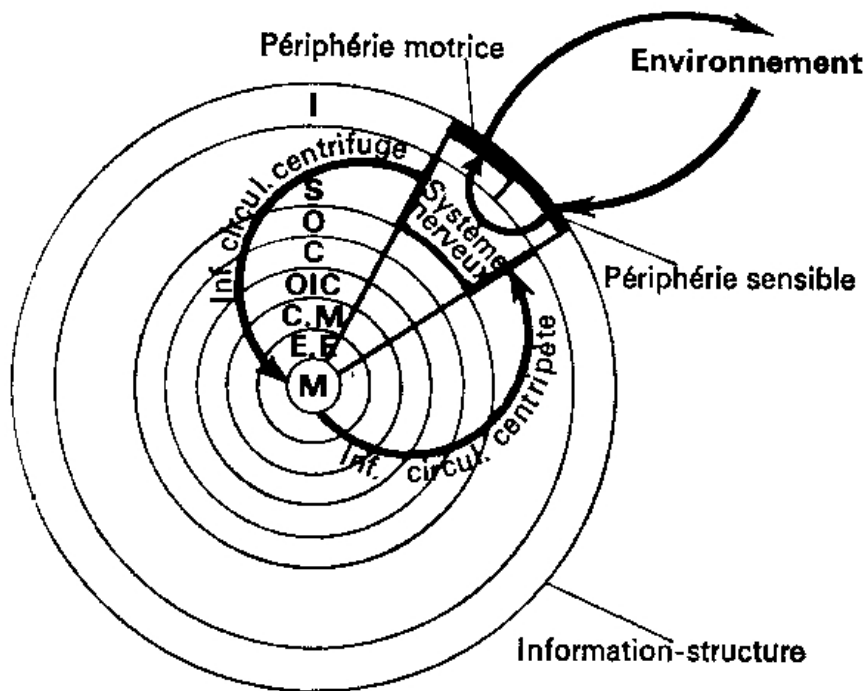
Cette approche nous conduit aussi à formuler la notion essentielle dans ses implications sociologiques, qu'un organisme est par contre un système fermé en ce qui concerne son « information-structure ».

INFORMATION - STRUCTURE ET INFORMATION CIRCULANTE

Nous ne ferons que signaler ici cette distinction capitale car nous aurons à y revenir longuement plus tard. L'ouverture informationnelle que nous venons de signaler et qui résulte de la structure par niveaux d'organisation des organismes vivants *autorise* ce qu'on peut appeler une *information circulante*. Elle est d'ailleurs portée à l'étage cellulaire par les « messagères chimiques » que sont les hormones et par le système nerveux, principalement. Elle se rapproche de l'information, telle que l'entendent les ingénieurs des télécommunications et, comme pour cette dernière, le biologiste devra éviter le brouillage, le bruit qui troublerait le message. Cette information exige d'ailleurs pour être décodée une structure d'accueil plus ou moins spécifique, sans quoi elle ne sera pas suffisante.

1. *Homéostasie*: tendance d'un organisme à maintenir constantes ses caractéristiques biologiques et physiologiques (sa structure) et en particulier, chez un organisme pluricellulaire, celles de son milieu intérieur, c'est-à-dire celles de milieu aqueux dans lequel baignent toutes les cellules qui le constituent.

Mais quand nous avons parlé de l'information, qui mettait en « forme » un organisme, le distinguait du monde inanimé, ce n'est pas de la même information que nous avons parlé. Celle-là est ce que nous nommerons l'« information-structure ». C'est elle qui nous permet de distinguer un homme d'un éléphant. Elle doit être aussi protégée du brouillage. Mais elle ne circule pas, elle est invariante, du moins en ce qui concerne l'individu. *Sa transmission se fait à une autre échelle de temps grâce à la reproduction et au code génétique. L'individu du point de vue de l'information-structure peut être considérée grossièrement comme un système fermé.* Bien sûr cette structure s'enrichit de l'acquis mémorisé. Mais en réalité à l'intérieur d'elle-même chaque sous-ensemble a la même finalité que l'ensemble: la protection de son intégrité dans le temps. *Tout le malheur de l'homme vient de ce qu'il n'a pas encore trouvé le moyen d'inclure cette structure fermée dans le plus grand ensemble dont la finalité serait aussi la sienne et celle de tous les autres.* Son malheur vient de ce qu'on n'a pas trouvé le moyen de transformer la régulation individuelle en servomécanisme inclus dans l'espèce. Un organisme est donc un système ouvert à l'intérieur de lui-même, par niveaux d'organisation; c'est une chaîne de servomécanismes. L'entité qu'il représente est ouverte du point de vue de l'information circulante puisque grâce aux organes des sens, il s'informe de ce qui se passe dans l'environnement. Mais ces informations recueillies ne lui servent qu'à agir sur l'environnement au mieux de la conservation de l'information-structure. Comme le montre le schéma, la boucle qui prend naissance dans l'environnement se referme sur celui-ci. Il est ouvert également du point de vue thermodynamique. Mais sa structure est fermée (fig. 4).



- | | |
|----------------------------------|--------------------------------------|
| M = molécules | Inf. circul. centrifuge = |
| EE = ensembles enzymatiques | information circulante centrifuge |
| CM = chaînes métaboliques | à partir du système nerveux |
| OIC = organites intracellulaires | |
| C = cellules | Inf. circul. centripète = |
| O = organes | information circulante centripète |
| S = systèmes | des cellules vers le système nerveux |
| I = individu. | |

Figure 4

La seule façon d'ouvrir l'information-structure d'un organisme, d'ouvrir l'entité organique individuelle régulée, est de la transformer en servomécanisme, c'est-à-dire de l'inclure dans un niveau d'organisation supérieur, à savoir le groupe social, mais dont la finalité devra être la même que la sienne. Malheureusement le groupe social devient aussitôt un système fermé, dont la finalité sera de maintenir sa structure, et cela évidemment contre celles des groupes sociaux environnants; à moins que ces groupes ne s'associent comme sous-ensembles dans un ensemble plus grand. *Il faudra une fois de plus trouver pour ce nouvel ensemble une finalité identique à celle des sous-ensembles qui le constituent.*

Je sais bien que cette notion de fermeture de l'information-structure n'est pas orthodoxe et semble à beaucoup difficile à admettre. A cela plusieurs raisons: la première est que la théorie de Shannon ne s'occupe pas de la sémantique du message, la seconde c'est que l'information ne peut être dissociée de la masse et de l'énergie qui la véhiculent. Or, l'information-structure est supportée par des éléments et maintenue par une énergie qui circulent à travers le système. Elle est donc ouverte à leur égard. De plus, sa désorganisation résultera du désordre que peut apporter dans sa structure l'énergie aléatoire de l'environnement. On m'a proposé de dire de cette information-structure qu'elle est « fixée » . Mais cela ne fournit pas la clef de sa possibilité d'ouverture par son appartenance à un système englobant dont elle devra alors adopter la finalité. Sinon elle demeure un « ensemble fermé ».

LEXIQUE (extraits)

ENTROPIE

Le deuxième principe de la thermodynamique (principe de Carnot) nous apprend que le passage d'une forme d'énergie à une autre procède de telle façon que l'énergie totale capable de produire le travail diminue. Cela parce que l'énergie se présente sous deux formes : l'énergie cinétique qui est celle des molécules animées de mouvements désordonnés, proportionnelle à la température, nulle au zéro absolu, et l'énergie potentielle qui peut être utilisée pour produire de l'énergie cinétique et qui se présente sous des formes variées, de position, électrique, calorique, chimique, lumineuse.

Le deuxième principe nous apprend qu'il existe une hiérarchisation de l'énergie selon sa capacité d'utilisation pour produire du travail ; un système caractérisé par un haut niveau d'énergie potentielle évolue de façon que ce niveau s'abaisse jusqu'à une valeur inférieure par sa transformation en énergie cinétique, forme dégradée de l'énergie.

Depuis les travaux de Boltzmann, Maxwell et Gibbs on peut exprimer ce phénomène en disant que l'énergie potentielle accompagne l'ordre et l'énergie cinétique de désordre, ou en d'autres termes que l'énergie potentielle est plus chargée d'informations que l'énergie cinétique. L'énergie évolue vers l'état le plus probable et le second principe de la thermodynamique est devenu un principe statistique. Il aboutit à la notion d'entropie. L'entropie d'un système isolé ne peut aller qu'en augmentant. La neg-entropie, inverse de l'entropie, se caractérise alors par l'apparition d'un ordre croissant.

ENZYME

Les réactions chimiques sont soumises à des conditions de températures, de pression, de Ph, etc., dont également le rendement et souvent la possibilité même de la réaction. Si ces conditions étaient respectées dans la vie, celle-ci serait impossible. Les organismes sont pourtant le siège d'un nombre considérable de réactions chimiques dans lesquelles ils puisent l'énergie nécessaire au maintien de leur structure et de leur action dans l'environnement. Les sources énergétiques sont empruntées au milieu extérieur (substrats) pour être transformées en « produits » d'une réaction. Celle-ci est « catalysée » par une enzyme, produit elle-même du métabolisme cellulaire, souvent hautement spécifique pour une réaction donnée. Cette réaction isolée de la chaîne de réaction dont elle fait partie (chaîne métabolique) est souvent une réaction d'équilibres.

La réaction est catalytique : l'activation de deux corps qui entrent en réaction est nécessaire à son déclenchement. En effet, une molécule qui réagit part d'un niveau d'énergie déterminé, passe par un niveau plus élevé pour aboutir à un niveau plus bas que celui de départ. L'activation initiale exige donc une certaine quantité d'énergie (qui peut fournir par exemple en chimie générale, la chaleur).

L'enzyme du fait de sa structure réduit à presque rien cette quantité d'énergie d'activation. Elle augmente donc la vitesse de la réaction et la rend possible aux températures des organismes en général. De plus, elle permet à un plus grand nombre de molécules d'être activées et le rendement de la réaction est meilleur.

L'enzyme est le produit du métabolisme. C'est en effet une protéine dont la structure est engrammée dans un gène particulier qui en permet la synthèse suivant les besoins.

HOMEOSTASIE

Tendance de l'organisme à maintenir constantes ses caractéristiques biologiques et physiologiques, en particulier celles de son milieu extérieur.

PHOTON

Quantum de rayonnement électromagnétique. On admet que l'énergie de rayonnement est en fait une série discontinue de minuscules grains d'énergie (hypothétiques), les photons. Chacun de ces grains tombant sur la matière est capable d'en expulser les électrons, ce qui permet d'établir l'équivalence entre énergie de rayonnement et énergie électrique, suivant l'expression $hf = \frac{1}{2} mv^2 = eV$, où h = constante de Plank ; f = fréquence de radiation ; m = masse de l'électron ; e = sa charge ; v = sa vitesse ; V = différence de potentiel.

THERMODYNAMIQUE

Branche de la physique qui traite des relations existant entre les phénomènes thermiques et les phénomènes mécaniques (travail ou énergie mécanique).

Henri LABORIT, « LA NOUVELLE GRILLE », « LIBERTES 2000 », ROBERT LAFFONT.